

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР

ОТДЕЛЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ
И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

СЕРИЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ

BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS
CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET NATURELLES
SÉRIE BIOLOGIQUE

№ 1

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

Москва ★ 1936

Напечатано по распоряжению Академии Наук СССР
Непременный секретарь академик Н. Горбунов

Ответственный редактор — и. о. академика-секретаря
Отделения математических и естественных наук

академик С. И. Вавилов

Редакционная коллегия—Президиум биологической группы ОМОН:

Акад. В. Л. Комаров, акад. С. А. Зернов, акад. Б. А. Келлер,
акад. Г. А. Надсон,

Ответств. секретарь П. Н. Ульянов

Редактор И. М. Эйзен

В. Л. КОМАРОВ**РЕКОНСТРУКЦИЯ РАБОТЫ ГРУППЫ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК
ПО НОВОМУ УСТАВУ АКАДЕМИИ НАУК СССР**

Новый утвержденный правительством устав Академии Наук СССР возлагает на Академию изучение и развитие достижений мировой научной мысли, а также использование научных достижений для содействия строительству нового социалистического бесклассового общества. Попечению Академии Наук СССР поручаются крупнейшие ведущие проблемы науки во всех ее теоретических и технических отраслях, особое значение придается изучению природных богатств и производительных сил страны.

Часть этой ответственной задачи лежит и на группе биологических наук. Выполнение директив партии и правительства потребовало от группы создания целого ряда новых институтов, пополнения их новыми кадрами и значительного расширения всей материальной базы.

В настоящее время биологическая группа (сокращенно „биогруппа“) охватывает всех научных работников, связанных с институтами Академии Наук СССР, изучающими жизнь во всех ее проявлениях, как-то: 1) Институт высшей нервной деятельности человека и животных, 2) Физиологический институт, 3) Институт эволюционной морфологии и палеозоологии, 4) Институт генетики, 5) Институт биохимии, 6) Институт физиологии растений, 7) Ботанический институт, 8) Зоологический институт, 9) Институт микробиологии, 10) Лаборатория механики развития и физический кабинет. Кроме того три особых лаборатории по изучению животных, а также ботанические и зоологические секторы филиалов в Тифлисе, Баку, Эривани, Алма-Ате, Сталинабаде, Владивостоке, Кировске и Архангельске.

В состав биогруппы входят 2 почетных и 17 действительных членов.

Президиум группы:

Председатель — академик В. Л. Комаров, заместители председателя академики Г. А. Надсон, Б. А. Келлер, С. А. Зернов.

Члены группы: академики А. Н. Бах, А. А. Богомолец, А. А. Борисяк, Н. И. Вавилов, Н. В. Насонов, Л. А. Орбели, Л. И. Прасолов, Д. Н. Прянишников, А. А. Рихтер, А. Н. Северцов, Н. М. Тулайков, А. А. Ухтомский, И. И. Шмальгаузен.

Почетные члены: Н. М. Книпович и Н. А. Морозов. •

К работам группы привлечены 20 членов-корреспондентов, некоторые из научных учреждений Наркомзема СССР, Наркомпищепрома, Сутропкома, ВИЭМ и др.

Устав Академии Наук СССР определяет занятия групп следующим образом: группа заслушивает научные и отчетные доклады своих членов, рассматривает планы работ входящих в нее учреждений, выдвигает для дискуссии очередные научные вопросы по своей специальности.

Таким образом, на группе лежат, прежде всего, обязанности организационные. Резко усиливается планирование научной работы всей биогруппы и кооперирование исследовательской деятельности институтов и специалистов в направлении разработки крупнейших и сложных проблем биологической науки. Группа организует научные и отчетные доклады своих членов; ей поручен серийный подбор докладов по стержневым темам, причем, само собой разумеется, что стержнем групповых сессий должны быть крупнейшие проблемы биологии. Доклады срочного характера могут быть организуемы группой и помимо сессий.

Все институты Академии Наук СССР, работающие над проблемами биологии, должны периодически отчитываться на группе в своей работе, каких бы задач ни касалась эта работа. Практика показывает, что доклад на группе, вызывая оживленный обмен мнений, приводит к более широкому охвату разбираемой темы и к более правильному ее освещению, чем единоличный труд.

Так как научное производство своим основным продуктом выдвигает печатные работы, группа биологических наук должна иметь свой орган, помогающий группе в выполнении поставленных перед нею задач. Серия биологическая „Известий Отделения математических и естественных наук“ Академии Наук СССР служит для опубликования трудов членов группы и для отражения в печати сессионных докладов и дискуссий.

Первый номер журнала посвящается научной помощи в борьбе за урожай в 7 — 8 миллиардов пудов зерна, второй — научной помощи животноводству, третий — вопросам биохимии. Подбор материала по проблемам не исчерпывает, конечно, задач, поставленных перед выпускаемой биологической серией „Известий ОМОН“. Все же думается, что разнообразное, но целесообразно-направленное содержание журнала даст читателю ясное представление о деятельности группы. Члены группы работают над материалом и дают не перепевы уже известных фактов и положений, а вновь разработанные ими научные достижения. Этим в значительной мере и определяется тематика „Известий ОМОН“ Академии Наук СССР,

DONTCHO KOSTOFF**STUDIES ON POLYPLOID PLANTS****POLYPLOID FORMS IN *TRITICUM* EXPERIMENTALLY PRODUCED XII.***(Communicated by N. I. Vavilov, Member of the Academy)*

Principal directions for research work upon the problem of interspecific hybridization are given. Polyploid forms are given which are produced by interspecific hybridization in wheat. The reduction division in the polyploid forms is abnormal. It leads to unconstancy of the newly produced polyploid forms. The cytological investigations and the morphological appearance of their progenies confirm the postulate of unconstancy of the polyploid forms experimentally produced. The origin of the polyploid wheat plants as well as their practical and phylogenetic significance is discussed. The formation of new karyotypes following crossing-over between partially homologous chromosomes is explained.

The principal problems connected with interspecific hybridization in wheat, which should be solved in the near future, can be formulated as follows:

1. Transferring (exchange) of single, and at the same time, definite morphological and physiological characters of one species on to the background of some other species, and investigating the nature of the genes (identical, similar, diverse) conditioning the „parallel variations“ of the characters (in the sense used by Vavilov). Special attention should be paid to the possible allelomorphism of the genes conditioning „parallel variations“ of characters. The more frequent occurrence of crossing-over between the homologous chromosomes between homologous segments of non-homologous chromosomes, than between „non-homologous“ chromosomes in the interspecific crosses, makes it possible to attack the problem with greater certainty. Exchange of chromosome pieces between the chromosomes of one species and the chromosomes of another (thus transferring a group of genes), represents a very broad field for research work.

2. Transferring (exchange) of a whole linkage group or groups by replacing one or several chromosomes of one species by one or several chromosomes of some other species. The addition of one or several linkage groups of one species to the genome of some other species is also a very probable phenomenon.

3. Replacing, or adding a whole genom or genomes of one species to another species, or combining the genomes of two or more species into one plant.

A thorough investigation of all these problems will throw light on the formogenesis and phylogeny of wheat species and varieties and will help to a great extent in wheat breeding.

The last problem (3) will form the chief subject of this paper.

Cytological investigations of wheat species (Sakamura, 1918) showed that species belonging to the eincorn (*monococcum*) group have 14 somatic chromosomes; those belonging to the emmer (*durum*) group have 28 somatic chromosomes; and, finally the species of the dinkel (*vulgare*) group have 42 somatic chromosomes. These data indicate that the second and the third groups can be considered as polyploids. Cytological investigations carried out during the last 15 years have shown that the *monococcum* genom (*Am*) having 7 chromosomes is closely related to one of the genomes of the *durum* group (*Ad*), while the other genom of the *durum* group is quite different from genom *A* and is designated by *B*. The *vulgare* group have three genomes. One of them is closely related to genom *A* of the *monococcum* and *durum* groups, the other is closely related to genom *B* of the *durum* group, and finally the third one genom *C*, is somewhat different from the latter. According to Percival (1926) genom *C* of *Triticum* is very closely related to one of the genomes of *Aegilops cylindrica*. The latter has $n=14$, one genom being homologous to genom *C* of the *Triticum vulgare* group, while the other, being different, is designated by *D*. Genom *D* of *Aeg. cylindrica* is very closely related to both genomes of *Aeg. ovata*, the latter being probably an autotetraploid plant (Aase, 1930, Percival, 1921, Tschermak, 1926). The Japanese investigators designated genom *C* of the *vulgare* group by *D*. Considering the mutual relations between the genomes of various plants of *Triticum* and *Aegilops*, Aase (1930) even gave a phylogenetic diagram of the species investigated cytologically. It is believed that genomes *A*, *B* and *C* come from primary diploid species *AA*, *BB* and *CC*; *AA* species being the ancestor of *Tr. monococcum*. All these hypothetical species are unknown now. In studying the speltoids, Winge (1924) even expressed the opinion that the chromosomes of genom *B* sometimes pair with the chromosomes of genom *C* allosyndetically, because they are relatively closely related.

The polyploid origin of the *durum* and *vulgare* groups became more admissible when a number of new polyploid forms were obtained in *Triticum*, as well as in crosses of *Triticum* with the allied genera (*Secale*, *Aegilops*, *Haynaldia*).

The polyploid forms obtained experimentally in *Triticum* can be classified into three groups: 1) Allopolyploids (Amphidiploids), 2) Triple hybrids, and 3) Reduced allopolyploids.

Allopolyploids (Amphidiploids)

The first allopolyploid wheat hybrids experimentally produced were reported by Tschermak and Bleier (1926). They originated from the crosses: *Aegilops ovata* \times *Triticum dicoccoides* and *Aegilops ovata* \times *Triticum durum*. Other allopolyploids obtained experimentally by crossing *Triticum* species with *Aegilops* species are: *Ae. ovata* \times *Tr. turgidum* (Percival, 1930), *Tr. dicoccoides* \times *Ae. ovata* (Kihara and Katayama, 1931), *Ae. ovata* \times *Tr. dicoccum* (Taylor and Leighty, 1931), *Ae. caudata* \times *Tr. dicoccum*, *Ae. triuncialis* \times *Tr. dicoccum* (Oehler, 1934), and several *Aegilops* \times *Triticum* allopolyploid plants were recently produced by Sorokina.

Tschermak called the allopolyploids obtained from *Aegilops* — *Triticum* crosses „*Aegilotriticum*“, while the allopolyploid plant obtained in crossing *Tr. turgidum* with *Haynaldia villosa* Zhuk. (he used the nomination *Triticum villosum*) was called *Triticum „turgidovillosum*.“ We also obtained polyploid plants from the cross *Tr. dicoccum* \times *Haynaldia villosa*. When the F_1 -plants of this cross flowered freely (non-isolated), a few seeds were set, from which two plants developed. One of them had 28 somatic chromosomes while the other had about 42. It should be mentioned here that *Tr. dicoccum* has 28 somatic chromosomes, *Haynaldia villosa* has 14 somatic chromosomes and the hybrids of the F_1 -generation have 21 somatic chromosomes.

Allopolyploid plants, highly fertile, were produced in crossing *Secale cereale* with *T. vulgare* by Meister (1929). They were studied cytologically by Lewitsky and Benetzkaya (1931). Meister (1929) called this form „*Secalotriticum Saratoviense* Meister“ (p. 40). Wheat \times rye fertile allopolyploids were recently reported by Lebedeff (1934).

Thompson (1931) believes he has obtained an allopolyploid form in the F_2 -generation from the F_1 (*Tr. durum* \times *monococcum*). Müntzing (1935) questioned the „amphidiploid“ nature of the plant obtained by Thompson. We shall have the opportunity in another place to say a few words more about this plant.

We recently produced a real amphidiploid (allohexaploid) hybrid in the genus *Triticum* from the F_1 -hybrid *Triticum Timopheevi* \times *Tr. monococcum*. This is unquestionably the first experimentally produced „amphidiploid“ within the genus *Triticum*.

Triple Hybrids

We shall consider here only those types of triple hybrids, which contain whole chromosome sets of all three species crossed. The first triple hybrids of this type were reported a few years ago (Kostoff 1932). In crossing the F_1 -hybrid *Tr. dicoccum* ($n=14$) \times *Tr. monococcum* ($n=7$)

with *Tr. vulgare* ($n=21$), we obtained two plants having 42 somatic chromosomes, i. e., $14\text{-dicoccum} + 7\text{-monococcum} + 21\text{-vulgare} = 42$ chromosomes (Fig. 2). These hybrids combined the characters of all three component species into one hybrid plant (Fig. 1). They were not of the amphidiploid type, to which belong all of the allopolyploids described in the previous chapter, but true triple hybrids. The *Tr. vulgare* variety used in the triple crosses was awnless and the triple hybrids had very short awns, while the F_1 -hybrids which were used as the maternal plant had very long awns. It should be added here that „awnless“ is dominant, or partially dominant, in respect to awned forms.

A triple hybrid between two *Triticum* species and *Secale cereale* was reported by Delonay, Olshanskaya and Frenkel (1932). They obtained one single grain from an F_1 *Tr. durum* \times *Secale cereale* hybrid, and suggested that the F_1 -hybrid is probably pollinated by *Triticum vulgare* var. *albidum* which was grown in the proximity. From the grain which they obtained a mature hybrid developed having 43 somatic chromosomes.

Another triple hybrid was recently reported by Müntzing (1935). He crossed F_1 *Tr. turgidum* \times *Secale cereale* with an awnless *Triticum vulgare*, as we did, and produced three plants with 42 chromosomes, one plant with 41 chromosomes, and

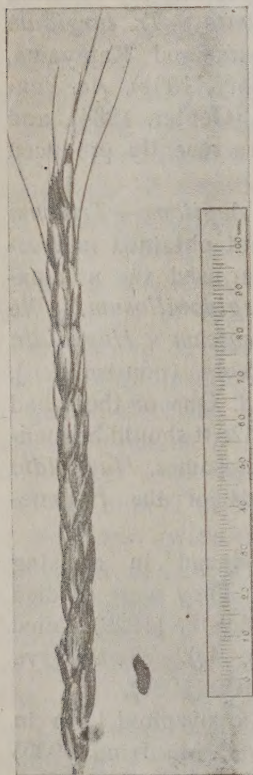


Fig. 1. Spike and a grain of a triple partially fertile hybrid (*Triticum dicoccum* \times *Tr. monococcum*) \times *Tr. vulgare*



Fig. 2. Somatic plate with 42 chromosomes of a triple hybrid (*Tr. dicoccum* \times *Tr. monococcum*) \times *Tr. vulgare*

one with about 40 chromosomes. He also produced seedlings in crossing *Tr. turgidum* \times *monococcum* with *Tr. vulgare*. One of these seedlings had 42 chromosomes, one had about 42, and another had about 44 somatic chromosomes. Recently we obtained a series of triple hybrids in crossing *Tr. dicoccum* \times *monococcum* with *Tr. vulgare* and some other cross combinations. (Fig. 1, 2, and 3). Some of the plants thus produced had 42 chromosomes, others had about 43, 44, etc. (Fig. 3 and 8). Ermolayeva also crossed *Tr. dicoccum* \times *monococcum* hybrid with *Tr. vulgare* and obtained

numerous plants. We studied some of them cytologically. The majority of them had about 42 and 43 somatic chromosomes. In addition to plants with 42—43 chromosomes we found some that had 35—36 chromosomes too.

Thompson obtained two plants with 42 chromosomes from the F_1 -hybrids *Tr. durum* \times *monococcum*. It is very difficult to classify these two plants; therefore we shall give his own opinion: "...one of those with 42 had some *vulgare*-like characters and must have arisen as a result of outcrossing with some *vulgare*-type, unless the combination of emmer and *monococcum* genes could produce *vulgare* characters. But the characters of the remainder including one 42 chromosomes plant were such that they could not have a *vulgare* parent" (p. 314).

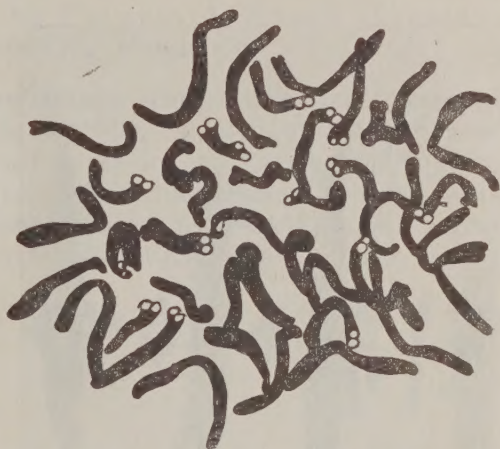


Fig. 3. Somatic plate of a triple hybrid (*Tr. dicoccum* \times *Tr. monococcum*) \times *Tr. vulgare* with 43 chromosomes

Triple hybrids were reported by v. Berg (1934). He obtained them by crossing Tschermak's *turgidovillosum* with other species. In crossing *Aegilotriticum* with *turgidovillosum* he obtained a hybrid with a whole chromosome set of *Aegilops*, one of *Haynaldia* and two of *Triticum* (1931).

Reduced Allopolyploid

In the hybrid, for example in *Tr. vulgare* \times *monococcum*, when the genom of *monococcum* becomes doubled and at the same time genomes *Av* and *Bv*, or *Bv* and *Cv*, or, finally, *Av* and *Cv* of the *vulgare* get eliminated gradually while the other doubled, a fully fertile hybrid can originate with the formula: *AmAmCvCv*, or *AmAmAvAv*, or finally *AmAmBvBv*, i. e., having the *monococcum* (*Am*) genom and one *vulgare* genom. A reduced allopolyploid was first reported by Lebedeff (1932). He crossed first F_1 (*Tr. vulgare* \times *Secale cereale*) with *S. cereale* and thus he obtained a plant with 35 somatic chromosomes (21-*vulgare* + 7-*Secale* + 7-*Secale*). In selfing such a plant he produced in the next generation a plant with 28 somatic chromosomes that conjugated in 14 pairs. He assumed that 7 pairs represent *Secale* chromosomes and the other 7 *vulgare* pairs. The plants with 28 chromosomes usually gave 28 chromosomic progenies.

The reduced allopolyploid *Tr. vulgare*—*monococcum* was produced in the following way: *Tr. vulgare* was crossed in the fall with *Tr. mono-*

coccum. From this cross sterile *vulgare* × *monococcum* hybrids were raised. It had 35 somatic chromosomes instead of 28 as had the sterile ones. The morphology of the partially fertile hybrid was about the same as that of the sterile ones; at least we could not find any striking morphological



Fig. 4. M—*Tr. monococcum*, H—Reduced allopolyploid *Tr. vulgare-monococcum* with 28 somatic chromosomes, V—*Tr. vulgare*

difference. A partially fertile hybrid has originated in fertilizing a normal *vulgare* egg cell with an unreduced sperm cell of *monococcum* form in the fall when the temperature drops at night relatively low. Partially fertile hybrid gave progeny with 30–33 somatic chromosomes. In the third generation, plants with 28 somatic chromosomes were found. Some of these were fully fertile and gave further progeny with 28 chromosomes (fig. 4, 5, 7 and 10). Occasionally some with 29 chromosomes were also found, but they were fertile too (Kostoff, 1934, 1935).

A similar type of polyploid form was recently reported by Oehler (1934). In

F_3 and F_4 of a hybrid of *Aegilops triaristata* var. *attenuata* ($n=21$) × *Triticum vulgare* ($n=21$) plants were found with 56 somatic chromosomes, i. e., with 14 chromosomes more than in the F_1 -hybrids. Oehler thinks that the plants with the 56 chromosomes probably contain

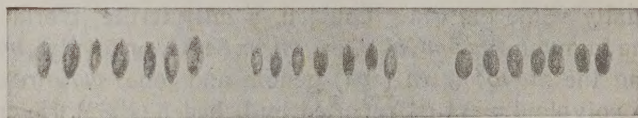


Fig. 5. Grains of *Tr. monococcum* (left) of the reduced allopolyploid *Tr. vulgare-monococcum* with 28 somatic chromosomes (in the middle), and of *Tr. vulgare* (right)

14 pairs (two genomes) of *Triticum* and 14 pairs (two genomes) of *Aegilops*, or 7 pairs of *Aegilops* and 21 of *Triticum*, and finally the last possibility that he presumed was seven pairs of *Triticum* and 21 pairs of *Aegilops*.

The author does not give a detailed morphological description or genetical analysis from which some preference could be made for one of the above-mentioned three alternatives.

Reduction Division in the Polyploid Wheat Hybrids, Experimentally Produced

The reduction division in *Aegilotriticum* plants occurs almost normally according to Tschermak and Bleier (1926), but some irregularities were noticed too. *Aegilotriticum* obtained by Kihara and Katayama (1931) had, generally speaking, a normal reduction division, though two univalents were often found. Lagging chromosomes on the spindle, as well as the formation of micronuclei were also found by Kihara and Katayama. *Aegilotriticum* obtained by Oehler (1934) has, according to the author, normal reduction division.

Reduction division of *Secalotriticum* was studied by Lewitsky and Benetzkaya (1931). They found a great many abnormalities. Two, four, six and even more univalents were found during the reduction division. Laggards on the spindles and the formation of micronuclei were also observed.

Thompson's *durum* — *monococcum* polyploids with 42 somatic chromosomes had in the F_2 -generation numerous univalents, while three „offspring of 42-chromosome F_2 all had 42 chromosomes and showed only occasional non-conjugation in 1 or 2 pairs“ (p. 321).

In the gonogenesis of *turgidovillosum* some abnormalities, though not very great, were also reported (v. Berg, 1934).

Reduction division of *Triticum* — *Secale* triple hybrids is very irregular. Univalents and occasionally trivalents and quadrivalents are formed. About 14 univalents were most frequently observed by Müntzing (1935). The reduction division of *Triticum* triple hybrids is somewhat more regular than in the *Triticum* — *Secale* triple hybrids, nevertheless, numerous irregularities were found too. About eight univalent were most frequently observed, but seven, nine and ten were also counted in some pollen mother cells. Trivalents and occasionally quadrivalents were very often observed during the first metaphase and early anaphase. The following table (1) gives the characteristics of the mode of chromosome association in the pollen mother cells of the triple hybrids (*Tr. dicoccum* \times *monococcum*) \times *vul-*

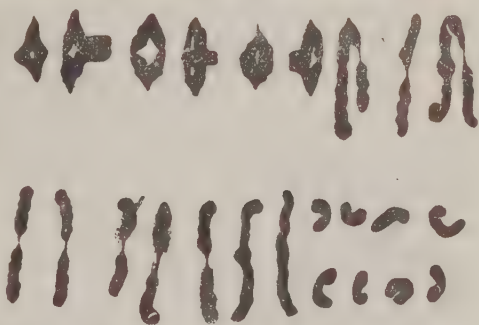


Fig. 6. Chromosome dissociation during the first late metaphase in the pollen mother cells of the triple hybrid (*Tr. dicoccum* \times *Tr. monococcum*) \times *Tr. vulgare*: 14 bivalents, 8 univalents and 2 trivalents

gare which have 42 somatic chromosomes (fig. 6), i. e., all chromosomes of the component species (*AmAdAvBdBvCv*).

Table 1

I. Metaphase of (*Tr. dicoccum* \times *monococcum*) \times *vulgare*

Pollen Mother Cells	Univalents	Bivalents	Trivalents	Quadrivalents
11 have	8	11	4	0
9 "	9	12	3	0
6 "	9	10	3	1
6 "	8	14	2	0
5 "	7	11	3	1
5 "	10	11	2	1

The chromosomes of the genom *C* appeared probably as univalents. In addition to these a few chromosomes of *Am* genomes (*monococcum*) might also appear as univalents, because a few chromosomes of the *monococcum* genom

do not often conjugate with the chromosomes of *dicoccum* and *vulgare*. The bivalent groups result obviously from conjugation between the chromosomes of the genomes *A* (*AmAd*, *AmAv*, *AdAv*), as well as between those of the genomes *B* (*BdBv*). Trivalent groups are probably formed from the chromosomes of the genomes *A* (*AmAdAv*), while the tetravalents are perhaps formed by attachment of a fourth chromosome of genom *B* or *C* to a trivalent group, following autosyndetic association. Autosyndesis between the chromosomes of *Triticum vulgare* has been several times reported by various investigators (Gaines and Aase, 1926; Lebedeff, 1932; Kostoff, 1935).

Reduced allopolyploid hybrids of *Triticum*—*Secale* with 28 somatic chromosomes having two *Secale* genomes and two *Triticum* genomes have not quite normal reduction division. These plants have in 20 per cent of cells 14 bivalents, in 60 per cent of the cells 13 bivalents and two univalents, and in 20 per cent of the cells

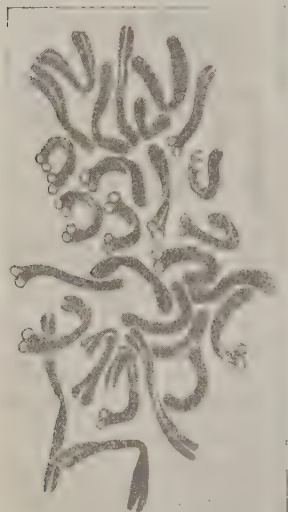


Fig. 7. Somatic plate with 28 chromosomes of a fertile reduced allopolyploid *Tr. vulgare*—*monococcum* hybrid

12 bivalents and 4 univalents. The cells having univalent chromosomes show some abnormalities in the reduction division.

Univalent chromosomes were occasionally found in the reduced *Triticum* allopolyploids as in those of *Triticum*—*Secale*, but not as many as in the latter. In a few cases even a trivalent group was observed. The observations are summarized in table 2.

Table 2

I. Metaphase of *Vulgare-monococcum* reduced allopolyploid

Pollen Mother Cells	Univalents	Bivalents	Trivalents
36 have	—	14	—
6 "	2	13	—
5 "	4	12	—
3 "	1	12	1
3 "	3	11	1
2 "	5	10	1

The degree of the disturbances in the reduction division varies in different plants. There are plants with almost normal reduction division and others with abnormalities like those in *Secalotriticum* reported by Lewitsky and Benetzkaya.

The reduction division in the reduced allopolyploid *Aegilops triaristata*—*Triticum vulgare* with 56 somatic chromosomes (14 chromosomes more than in the F_1 -generation) is according to Oehler quite normal, and the plants form 28 bivalents.

Fertility of the Polyploid Hybrids Experimentally Produced

Aegilotriticum, *Timococcum* (*Timopheevi*—*monococcum*) and *Secalotriticum* are self-fertile, but not fully fertile plants. The majority of the *Triticum* triple hybrids are only partially fertile hybrids after self-pollination and set usually in well developed spikes of 4—8 grains. When the hybrids develop under favourable conditions, the fertility is greatly increased. When the conditions are unfavorable, some of the triple crosses are sterile. *Triticum*—*Secale* triple hybrids show a very low fertility after selfing. Müntzing (1935) reported about one grain per spike. Reduced allopolyploids *Triticum*—*Secale* are fertile. Reduced allopolyploids *Tr. vulgare*—*monococcum* are also fully fertile plants. *Aegilops*—*Triticum* reduced allopolyploids are, according to Oehler, fully fertile plants too.

„Constancy“ of the Polyploid Plants Experimentally Produced

In discussing the constancy of the polyploid wheat plants, produced experimentally, we must point out the fact, that the polyploids existing in nature, as *Triticum vulgare* ($2n=42$) for example, is a species which often gives chromosomal aberrations. Speltoids, which represent usually chromosomal aberrants, are often found in pure lines of *Triticum vulgare*. This phenomenon was interpreted by Winge (1924) in postulating a conjugation between the similar chromosomes of *B* and *C* genomes of *Tr. vulgare*.

At the present time we have very incomplete data about the constancy of the polyploid forms in wheat, which were experimentally produced. We know, however, quite definitely that all *Nicotiana* allotetraploids (amphidiploids), namely: *Nicotiana glauca*—*Langsdorffii*, *N. rustica-paniculata*, *N. rustica-glauca*, *N. glutinosa*—*Tabacum*, etc., are not constant. All these allotetraploids produced chromosomal aberrants very frequently.

The procedure of the reduction division in *Secalotricum* and *Aegilotricum* allopolyploids (amphidiploids) indicates that gametes with $n+1$ or $+1$ several chromosomes should often be formed, since univalents appear during the reduction division. Gametes with chromosomal constitution of

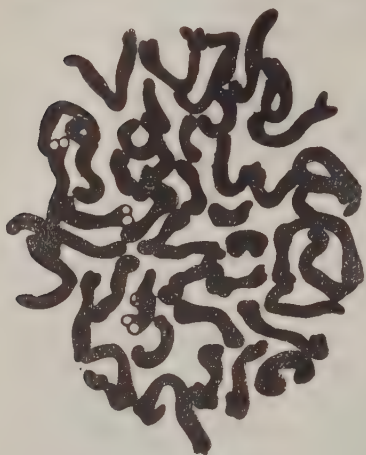


Fig. 8. Somatic plate with more than 43 chromosomes ($43+4$) some of them small like fragments of a plant produced by selfing a triple hybrid (*Tr. dicoccum* \times *Tr. monococcum*) \times *Tr. vulgare*

$n+1$ chromosomes and other abnormal types may not be as viable as the normal ones, but the majority of them can probably function since they contain a complete chromosome set of the one species and the chromosome set of the other $+1$ or a few chromosomes. This is more true for the egg cell. Such is the case at least in *Nicotiana*. Lewitsky and Benetzkaya investigated cytologically only nine plants of *Secalotricum*. It will be very interesting to investigate a large number of plants, especially of more divergent types of the subsequent generations. Bleier, sending us some seeds of *Aegilotricum*, wrote that it is not quite constant. We grew two plants from seeds taken from one and the same spike. These two plants appeared quite different morphologically. One had broad leaves and grew erect, the other had

very narrow leaves. It should be mentioned here that the viability and fertility of plants with a large chromosome number, experimentally produced by doubling the chromosomes, in the F_1 -generation are, in the majority of the cases, not considerably affected if they have one or a few more chromosomes than the normal allopolyploids. *Nicotiana glauca-Langsdorffii* amphidiploids with 42 somatic chromosomes (the normal number for them) are approximately as fertile as those having one, two, three or more chromosomes in excess. Fully fertile plants obtained by continuous back crosses of F_1 (*Triticum vulgare* \times *Secale cereale*) to *Tr. vulgare* have 42, 43, 44, etc., and about 42 chromosomes with one or more fragments. The number of the chromosomes varies from generation to generation (especially the number of the fragments), while the fertility is very little affected (if at all).

Triple wheat hybrids with 42 somatic chromosomes which we produced, reproduced plants in the next generation with 40, 41, 42, 43, 44 and even many more somatic chromosomes; most frequently plants with 42 were found, while occasionally plants with lower chromosomes numbers appeared. Very often small chromosomes were found in the next generation of the triple wheat hybrids. Some of these are so small that one can roughly call them „fragments“. Small chromosomes or fragments originated in these plants probably as a result of crossing-over between the chromosomes of different species that were combined together into one triple hybrid (fig. 9).

The progeny of *Triticum—Secale* triple hybrids obtained by Müntzing (1935) had 39—48 somatic chromosomes.

Reduced *Triticum—Secale* allopolyploids with 28 somatic chromosomes occasionally gave plants with 29 and 30 chromosomes; most frequently they reproduced plants with 28 somatic chromosomes.

Triticum vulgare—monococcum reduced allopolyploids with 28 somatic chromosomes usually reproduced progeny with 28 somatic chromosomes, but amongst them also plants were found with 29 and 30 somatic chromosomes (Kostoff, 1935).

Aegilops triaristata—Tr. vulgare reduced allopolyploids with 56 somatic chromosomes obtained by Oehler (1934) is also not constant.

Earlier investigators who studied amphidiploid plants paid attention chiefly to the fertility and insufficiently considered the degree of „constancy“. In fact the majority of the allotetraploids are not constant. They reproduce numerous forms. A great many of these forms are fully fertile and may form further „varieties“ of the newly formed „species“. Such a „species“, having many „varieties“, may occupy a larger area than if it was uniform.

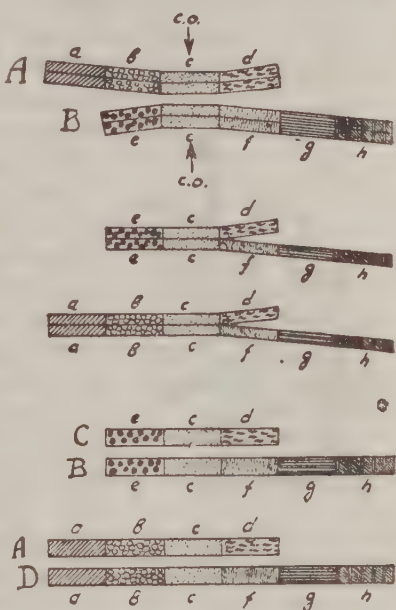


Fig. 9. Diagram showing how small chromosomes (live fragments) originate. Chromosome A and chromosome B of two different species have a homologous segment c. When crossing-over takes place in c-segment, two new chromosomes are formed, namely C and D, one shorter than the originals, the other longer than the original ones

The origin of the polyploid wheat forms

Somatic doubling of the chromosomes of F_1 -hybrids may occur at any stage of the ontogenic development, especially when the hybrids

grow in environmental conditions favouring chromosome doubling. It seems very probable that some of the wheat polyploids have thus originated. Nevertheless we do not have an exact proof of it. On the other hand, we have a definite proof that gametes with doubled chromosome number (unreduced) have participated in the origin of the polyploid wheat plants. One of the most important questions that arises here is: how the unreduced gametes are formed in wheat hybrids? In connection with this question, it would be of interest to know when the univalent chromosomes divide, during the first, or during the second division? Sax (1922) first reported that the univalent chromosomes in *Triticum* species hybrids divide during the first division. The same opinion was



Fig. 10. Somatic plate with 28 chromosomes of a reduced allopolyploid *Tr. vulgare-monococcum* of the fourth generation

expressed by Percival (1930) while Kihara and his students (1924—1934) showed that the univalent chromosomes divide most frequently during the second division. Lewitsky and Benetzkaya (1931) observed that the univalent chromosomes in *Secale-Triticum* hybrids split during the first division and divide during the second division.

The irregularities during the reduction divisions and obviously the retardation of the reduction division lead to non-occurrence of the first (Kihara and Katayama, 1931) or of the second (Thompson, 1931) division. If we assume that the first division is suppressed and that none of the univalents divide during the first division, restitution nuclei will be formed with the somatic chromosome number. In such a case all of the chromosomes will divide during the second division and dyads with equal (or about equal) chromosome numbers will be formed. The dyads will have the exact somatic chromosome number only when these conditions are fulfilled. But if some of the univalents divide during the first reduction division (as it seems to happen sometimes) and as a result of the same division a restitution nuclei is formed, then some of the univalent chromosomes will divide during the second division, while others will get distributed at random, so that dyads will be formed with unequal chromosome numbers. Similar dyads will be also formed if the first division does occur, while the second fails, so that restitution nuclei get formed during the second division. When both divisions are suppressed, monads are formed with the doubled somatic chromosome number. Gametes originating from dyads or monads can be fertilized and can fertilize, or they may develop parthenogenetically (apomictic). Allopolyploids (amphidiploids) produced by selfing F_1 -hybrids are usually products of fusion of non-reduced gametes (originating from dyads) in the F_1 -hybrids. Those produced in crossing the F_1 -hybrids back to the parental

forms or to some third species, have originated apomictically, from monads, or may be from dyads with a subsequent chromosome doubling.

In a similar manner we produced recently an amphidiploid plant from the F_1 *Tr. Timopheevi* \times *Tr. monococcum* when crossed with awnless duroturgidoid having 28 somatic chromosomes. The latter form represents an F_1 -segregant from the triple cross *Tr. turgidum* — *dicoccum* — *vulgare*, having the catalogue number 80 d'/2. In crossing the hybrid *Tr. Timopheevi* \times *Tr. monococcum* with 80 d'/2 we produced one plant morphologically identical with the hybrids of the first generation *Timopheevi* \times *monococcum*, but it had 42 somatic chromosomes and was highly fertile, while the F_1 -hybrids were completely sterile.

All triple hybrids (reported above) were produced in fertilizing an unreduced egg cell of the F_1 -hybrids with normal sperm-cell of the third species used in the cross.

Reduced allopolyploids *Triticum*—*Secale* ($2n=28$), *Tr. vulgare*—*monococcum* ($2n=28$) and *Aegilops*—*Tr. vulgare* ($2n=56$) were produced, roughly speaking, by doubling certain genomes and elimination of some others.

Triticum—*Secale* reduced allopolyploid originated after selfing the pentaploid hybrid (*Triticum vulgare* \times *Secale cereale*) \times *Secale cereale*. The *Triticum vulgare*—*monococcum* reduced allopolyploid originated in the subsequent generations from selfing the pentaploid *Tr. vulgare* \times *Tr. monococcum*, when an unreduced gamete of *Tr. monococcum* has participated in this cross, in the fertilization process.

It should be pointed out here that there is a possibility of producing reduced allopolyploids of the types described above. It was mentioned above that the hybrids *Tr. dicoccum* \times *Tr. monococcum* often form unreduced gametes. When such plants are crossed back with *Tr. monococcum*, hybrids can be produced with a whole doubled *monococcum* genomes (*AmAm*) and both *dicoccum* genomes (*AdBd*). Similar forms can be produced if other *Triticum* species are used in the first cross instead of *Tr. dicoccum*. Hybrids having *monococcum* genome in a diploid condition, and another *Triticum* genome or genomes in a haploid condition, are usually partially fertile. In the subsequent generations of these types of hybrids various forms of reduced allopolyploid forms can be produced.

The Value of the Experimentally Produced Polyploid Wheats for Plant Breeding and Phylogeny

In evaluating the wheat polyploid hybrids from an economic point of view, many characters should be considered, but first of all their fertility and their constancy. *Aegilotriticum*, *Secalotriticum* and *turgidovillosum* do not seem to have any economic value at the present time judging from the way they behave. They represent very interesting material for further

crosses. We cannot predict, however, that some other combinations between *Triticum*, on the one side, and *Secale*, *Aegilops* and *Haynaldia*, on the other, will not be valuable. *Aegilotriticum*, *Secalotriticum* and *turgido-villosum* represent at the present time very valuable material for the elucidation of the problem of formogenesis and phylogeny.

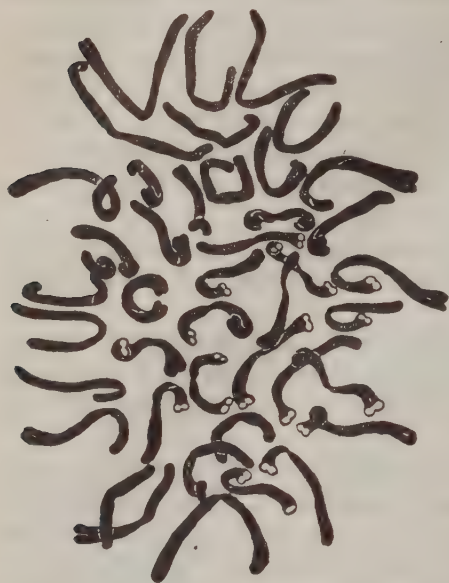


Fig. 11. Somatic plate from the allopolyploid (amphidiploid, allohexaploid) hybrid *Triticum Timopheevi* \times *Tr. monococcum* shortly called *Tr. Timococcum*

The amphidiploid *Tr. Timopheevi* \times *Tr. monococcum* which we called shortly *Triticum Timococcum* (Kostoff, in press) represents great interest not only from the phylogenetic point of view, but at the same time might have a practical value when hybridized with *vulgare*, because it combines the most resistant species of the genus *Triticum* in one form with 42 chromosomes (fig. 11) which will probably be more fertile, with *Tr. vulgare*, also having 42 somatic chromosomes; and their hybrids might show much greater fertility than those between *vulgare* and *monococcum*, and between *vulgare* and *Timopheevi*. In reality the hy-

brids *vulgare* \times *Timopheevi* are almost self-sterile (Kostoff, in press), while the hybrids *Tr. vulgare* \times *monococcum* are completely self-sterile. But we cannot expect that the hybrids *Tr. Timococcum* \times *vulgare* will be as fertile as, for example, *Tr. Spelta* \times *Tr. vulgare*, because one genom

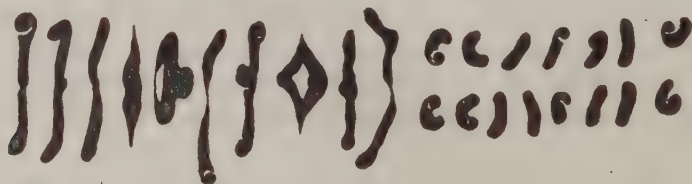


Fig. 12. Chromosome dissociation in the pollen mother cells of the hybrid F_1 (*Tr. compactum* \times *Tr. Timopheevi*) with 10 bivalent and 15 univalent chromosomes

of *Tr. Timopheevi* conjugates only partially with genom *B* of the *durum* group and of the *Tr. vulgare* group (fig. 12), while the other genom of *Timopheevi* and the genom of *monococcum* conjugate rather well with genom *A* of *durum* and *vulgare* groups (see also Lilienfeld and Kihara, 1935).

Triple hybrids between $14 \times 7 \times 21$ chromosome wheat species are of importance in several ways. They allow us to combine *monococcum* genome with genomes of emmer and dinkel wheats in a partially fertile hybrid. Since the chromosomes of *monococcum* conjugate (all of them or the majority of them) with the chromosomes of the genome A of emmer and dinkel groups, there is a possibility of transferring genes from *monococcum* chromosomes to the chromosomes of the other species participating in the triple hybrid, as a result of crossing-over between the conjugating chromosomes. Triple hybrids offer the possibility of combining chromosomes or even whole genomes from the component species into fully fertile forms. It is even possible (but not very probable) to produce amphidiploid forms from them in the subsequent generations, if by chance during the reduction division the chromosomes of *vulgare* separate to one pole, and those of *dicoccum* and *monococcum* to the other pole, and if two gametes of the latter type (*dicoccum* + *monococcum*) meet. We mentioned above that in the progeny of the triple hybrids some forms segregated with short chromosomes reminding one of fragments. They are the result (if not all of them at least the majority of them) of crossing-over between the chromosomes of the different species combined into one hybrid. This offers the possibility of the formation of new karyotypes—a very important phenomenon from a phylogenetic point of view (fig. 9).

Secale—*Triticum* triple hybrids offer less possibilities for obtaining something valuable in plant breeding, because the *Secale* genome is not homologous to any *Triticum* genomes, and the chromosome conjugation between *Secale* and *Triticum* chromosomes does not occur (Müntzing, 1935), so that a transfer of genes from *Secale* chromosomes to the chromosomes of *Triticum* is excluded unless segmental interchange occurs between non-homologous chromosomes.

Reduced allopolyploids *Triticum* — *Secale* ($2n = 28$), *Tr. vulgare* — *monococcum* ($2n = 28$) and *Aegilops triaristata* — *Tr. vulgare* ($2n = 56$) are of very great interest from the phylogenetic point of view. They show that it is not necessary for a complete doubling of the chromosomes of the component species to occur in order to be established a full fertility in the hybrid. They also indicate that the genomes of *Triticum vulgare* are independent (one of the other two genomes) and that the genetic balance is preserved when a whole *vulgare* genome of 7 chromosomes is combined together with a whole genome of *Secale* or *Triticum monococcum* genome of 7 chromosomes. This also shows that the doubling of some genomes as well as diminution of others may also play an important role in phylogeny.

It is difficult to estimate now the economic value of the *Triticum* — *Secale* and *Aegilops* — *Triticum* reduced allopolyploids. The reduced allopolyploids *Tr. vulgare* — *monococcum* seem to offer more expectations

in this respect, when used for further crossings with the other *Triticum* species. It should be noted here that they cross readily with the other *Triticum* species and produce fully fertile hybrids when crossed with *Tr. persicum*. These hybrids form very numerous and good grains. They are highly resistant to rust and to mildew. It will be very interesting to investigate further the segregation of these hybrids. *Tr. vulgare*—*monococcum* reduced allopolyploids were also crossed with *Triticum Timopheevi* but the hybrids produced show as great a sterility as the hybrids of *Tr. Timopheevi* with the other *Triticum* species.

Summarizing the above data we wish to point out once more the great phylogenetic and agricultural importance of *Triticum* triple hybrids and reduced allopolyploids. These forms and the amphidiploids open a new field for fruitful investigations from a practical as well as from a phylogenetic point of view.

Institute of Genetics,
Academy of Sciences of USSR,
Moscow.

LITERATURE

1. Aase H. C. Cytology of *Triticum*, *Secale* and *Aegilops* Hybrids with Reference to Phylogeny. Research Stu. State College, Washington, 2, 1—60. 1930.
2. Berg K. H. Ein Bastard mit vier vollständigen haploiden Artgenomen. Akad. Wiss. Wien, Sitz. Math.-Naturwiss. Klasse, 11 Nov. 1931.
3. Berg K. H. Zytologische Untersuchungen an den Bastarden des *Triticum turgidovillosum* \times *villosum*. Z. f. A. V., 68, 94. 1934.
4. Delonay L., Olshanskaya T. and Frenkel A. Triple Hybrid dsv. Semenovodstvo, No. 21/22, pp. 19—22. 1932.
5. Gaines E. F. and Aase H. C. A Haploid Wheat Plant. Amer. Journ. Bot. 13. 1926.
6. Kihara H. and Katayama Y. Genomanalyse bei *Triticum* und *Aegilops*. 1931. II. Zur Entstehungsweise eines neuen konstanten oktaploiden *Aegilotriticum*, Cytologia, 2, 234—255.
7. Kostoff Dontcho. (*Triticum dicoccum* \times *Triticum monococcum*) \times *Triticum vulgare* triple Hybrid with 42 chromosomes, Cytologia, 3, 186—187, 1932.
8. Kostoff Dontcho. Inheritance of Natural Immunity in Plants with Special Reference to Breeding of Immune Varieties. ZS. Pflanzenzücht., 19: 550—576. 1934.
9. Kostoff Dontcho. Studies on Polyploid Plants, V. Fertile *Triticum vulgare*—*monococcum* hybrids. C. R. Acad. Sci. URSS, 1, 155—159. 1935.
10. Kostoff Dontcho. Studies on Polyploid Plants. XI. C. R. Acad. Sci. USSR, 1, 32. 1936.
11. Lebedeff V. N. The New Phenomena in Wheat-Rye Hybrids, Ukrain. Sci. Inst. Sugar-Beet Industry, Kiev. 1932.
12. Lebedeff V. N. Neue Fälle der Formierung von Amphidiploiden in Weizen-Roggen Bastarde. ZS. f. Pflanzenzücht., 19: 509—525. 1934.
13. Lewitsky G. A. and Benetzkaya G. K. Cytology of the Wheat-Rye Amphidiploids. Bull. Appl. Bot. Genet. and Plant Breeding, 27: 241—264, 1931.
14. Meister G. K. The Present Purposes of the Study of Interspecific Hybrids. Proc. USSR. Congr. Genet., 2, 27, 40. 1929.

15. M ü n t z i n g Arne. Triple Hybrids between Rye and Two Wheat Species. *Hereditas*, 20, 137—160. 1935.
16. Oehler E. Untersuchungen an drei neuen konstanten additiven *Aegilops*—Weizenbastarde, *Der Züchter*, 6, 263—270. 1934.
17. Percival J. The Wheat Plant. London, Duckworth and Co. 1921.
18. Percival J. The Morphology and Cytology of Some Hybrids of *Aegilops ovata* L. \times Wheat. *Jour. Genet.*, 7, 49—68. 1926.
19. Percival J. Cytological Studies of Some Hybrids of *Aegilops* sp. \times Wheat and of Some Hybrids between Different Species of *Aegilops*. *Jour. Genet.*, 22, 201—278, 1930.
20. Sakamura T. Kurze Mitteilung über die Verwandtschaftsverhältnisse der *Triticum* Arten, *Bot. Mag. Tokyo*, 32. 1918.
21. Taylor J. W. and Leighty C. E. Inheritance in a Constant Hybrid between *Aegilops ovata* and *Triticum dicoccum*, *Jour. Agr. Research* 43, 661—679. 1931.
22. Thompson W. P. Cytology and Genetics of Crosses between Fourteen and Seven Chromosome Species of Wheat, *Genetics*, 16: 309—324, 1931.
23. Tshermak E. und Bleier H. Über fruchtbare *Aegilops* — Weizenbastarde und der Artbastarde überhaupt, *Ber. deut. Bot. Gesellsch.*, 44, 110—132, 1926.
24. Tschermak E. Ein neuer fruchtbarer Weizenbastard (*Triticum turgidum* \times *Triticum villosum*). *Forschungsgeb. Pflanzendaus u. Pflanzenzücht.*, 69-80, 1929.
25. Winge O. Zytologische Untersuchungen über Speltoide und andere mutantenähnlich Aberranten bei Weizen. *Hereditas*, 5. 241—283, 1924.

Д. КОСТОВ. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИПЛОИДНЫХ РАСТЕНИЙ. XII.

Экспериментально полученные полиплоидные формы пшеницы

РЕЗЮМЕ

Указываются основные направления исследовательской работы по проблеме межвидовой гибридизации у пшеницы.

Особенное внимание уделяется получению гибридов пшеницы с повышенным числом хромосом, в которых присутствуют целые геномы.

Вкратце упоминается геномный состав видов пшеницы.

Описываются амфидиплоидные гибриды пшеницы, полученные различными исследователями, и сообщается о получении нового амфидиплоида — *Tr. Timopheevi* - *монопоссит*.

Сообщается также о получении тройных гибридов пшеницы с целыми геномами составляющих их видов. Обычно они частично фертильны. Рассматривается также потомство тройных гибридов.

Дается краткое описание способа возникновения так наз. редуцированных аллополиплоидов типа фертильных гибридов *Tr. vulgare-монопоссит* с 28 соматическими хромосомами.

Обсуждается редукционное деление в полиплоидных гибридах пшеницы. Особое внимание уделяется конъюгации хромосом в тройных гибридах и в редуцированных аллополиплоидах.

Сообщается о фертильности экспериментально полученных полиплоидных гибридов пшеницы в связи с гаметогенезом.

Обсуждается и подвергается сомнению постоянство экспериментально полученных полиплоидных гибридов пшеницы. Большинство этих гибридов обычно не постоянно, давая потомство с различным числом хромосом.

Рассматривается образование полиплоидных гамет и фертильных полиплоидных гибридов пшеницы.

Особое внимание уделяется способу возникновения амфидиплоида *Tr. Timopheevi - monosomic*.

Наконец, вкратце, намечается филогенетическая и практическая ценность экспериментально полученных полиплоидов пшеницы.

А. А. ЗАЙЦЕВА

О ВЛИЯНИИ ПОЧВЕННОЙ ЗАСУХИ НА ФОТОСИНТЕЗ

(Представлено академиком А. А. Рихтером).

Установлена возможность стимулирования ассимиляционной работы растения воздействием засухи. Стремление равномерно снабжать растение водой на протяжении всего периода его развития — неправильно. Целесообразно чередование временных засух с поливами; тем самым можно держать ассимиляционную деятельность на повышенном уровне, а в моменты подъемов энергии фотосинтеза следует обеспечить растение притоком CO_2 и необходимыми азотистыми соединениями.

Еще недавно всякую временную засуху считали вредным явлением (10) и казалось, что для получения хорошего урожая надо равномерно обеспечить растение водой в течение всего вегетационного периода. Однако факты, накопленные практикой за последнее время, и данные научных исследований показали, что одно из ценнейших качеств урожая — высокая белковость зерна — связано с недостатком воды в почве (8, 9, 27, 29).

Работами Броунова, Молибога, Коломийца и Петиянова (1, 14, 15, 18, 24) установлены «критические периоды», т. е. такие, в которые растение остро нуждается в воде. Для получения хорошего урожая достаточно обеспечить растение водой в критические периоды, и временная засуха, не совпадающая с этими периодами, не снизит скольконбудь существенно урожая, а иногда даже повысит его (18).

Это важнейшее открытие приобретает особенную ценность для искусственно орошаемых районов, где мы можем ограничиться немногими поливами, приуроченными к критическим периодам. И путь к разрешению дилеммы — получить высокую белковость зерна при хорошем урожае — был таким образом найден.

В дальнейшем обнаружилось, что энергия фотосинтеза после полива у растений, перенесших засуху, значительно выше, чем у растений незавядавших (7). Стали понятными случаи высоких урожаев с полей, подвергавшихся почвенной засухе на ранних фазах развития растения, и открылась заманчивая перспектива применить засуху в целях не

только качественного, но одновременно и количественного повышения урожая. В самом деле, если бы оказалось, что усиленный фотосинтез продержится у завядавшего растения в течение некоторого значительного промежутка времени, у нас было бы средство, наряду с созданием условий, благоприятствующих накоплению белков, стимулировать и продукцию сухого вещества. А засуха из вредного фактора превратилась бы в средство направлять работу растения к улучшению и повышению урожая.

Целью настоящей работы было проследить за энергией фотосинтеза у перенесших почвенную засуху растений и выявить, как долго будет у них фотосинтез повышенным по сравнению с незавядавшими растениями.

При недостатке воды и завядании в ассимилирующих клетках происходит ряд изменений. Углеводы распадаются до моносахаров, что приводит к увеличению числа молекул и более высокому осмотическому давлению (2, 5, 11, 12, 22, 30, 31). Повышается активность протеазы (4). Наряду с этим идет расщепление белковой молекулы, что кроме сахаров дает еще накопление аминокислот (6, 19, 20, 21). Присутствие сахаров и аминокислот усиливает дисперсность плазмы (23). Вододерживающая сила тканей повышается (17, 23). Изменения в плазме, вызванные недостатком воды, сохраняются некоторое время и после того, как клетка попала в условия хорошего водоснабжения. Так, по данным Лебединцевой, еще через две недели после завядания у люцерны, хорошо увлажненной и не терпящей недостатка в воде, вододерживающая сила была вдвое выше, нежели у незавядавших экземпляров, и степень насыщенности тканей водой также была выше. Такого же рода указания мы имеем в работе Вальтера, Бровцыной и Лебединцевой (3). Уже одно это обстоятельство будет благоприятствовать ассимиляционной работе (7). В том же направлении может влиять и наличие NH_2 групп, если с повышением кислородного потенциала, вследствие фотосинтеза начнется синтез белков, тогда образующиеся углеводы пойдут на построение белковой молекулы и в пластиде не будет тормозящего влияния избытка ассимилятов (16).

Приведенные соображения послужили основанием к предположению, что наблюдаемый нами после завядания подъем фотосинтеза, упадет не сразу, а продержится на некоторой высоте еще какой-то промежуток времени после полива. Объектами служил ячмень, сорт Винер, выросший в глиняных горшках. Контрольные растения все время равномерно поливались, опытные же подвергались периодической почвенной засухе, приводящей растение к увяданию. Закаливание опытного материала, т. е. прекращение полива, началось на четвертый день после появления всходов — 20 сентября. Начало первого подвядания наступило 29 сентября. Растения были политы 2 октября.

Второе завядание наступило 12 октября. Полив — 14 октября. Начало четвертого завядания — 20 октября. Полив — 22 октября. Опытные растения отличались от контрольных меньшей высотой, более мелкими и узкими листьями и более интенсивной зеленой окраской. Перед опытом завядавшее растение хорошо поливалось и в дальнейшем поливалось наравне с контролем ежедневно в течение всего времени, пока с него брались пробы на фотосинтез. В опыт шли вторые листочки сверху.

Ассимиляция проводилась при лампе в 300 ватт, на расстоянии 30 см от лампы, в замкнутых плоских эвдиометрах, при повышенном содержании CO_2 . Анализы газа производились на приборе Половцева-Рихтера. Привожу данные опытов.

Опыт № 1. Фотосинтез через 1 сутки после 3-го завядания. Экспозиция 10', температура 18°C.

Контроль. Объем газовой смеси 6 773 мм³¹.
Навеска 105 мг.

Концентрация CO_2	до опыта	3.54 %
"	" после "	1.94
		<u>1.60 %</u> × 6 773 =
= Всего разложено CO_2 108.368 мм ³ .		
За 1 час		650.208 мм ³
на 100 мг св. веса за 1 час		619.24 мм ³ —100 %.

Завядавший. Объем газовой смеси 7 208 мм³.
Навеска 100 мг.

Концентрация CO_2	до опыта	3.54 %
"	" после "	1.93
		<u>1.61 %</u> × 7 208 =
= Всего разложено CO_2 116.049 мм ³ .		
За 1 час на 100 мг св. веса		696.294 мм ³ —112.44 %.

Опыт № 2. Фотосинтез через 1 сутки после 4-го завядания. Экспозиция 15', температура 17°C.

Контроль. Объем газовой смеси 7 389 мм³.
Навеска 142 мг.

Концентрация CO_2	до опыта	2.78 %
"	" после "	0.59
		<u>2.19 %</u> × 7 389 =
= Всего разложено CO_2 161.82 мм ³ .		
За 1 час		647.28 мм ³ .
За 1 час 100 мг св. веса		455.83 мм ³ —100 %.

¹ Объем газовой смеси везде приведен к 0°C, 760 мм давления.

Завядавший. Объем газовой смеси 7 437 мм³.
Навеска 107 мг.

Концентрация CO ₂	до опыта	2.78%
"	"	после "
		0.66
		<u>2.12% × 7 437 =</u>

= Всего разложено CO₂ 157.664 мм³.

За 1 час 630.656 мм³.

На 100 мг св. веса 589.39 мм³—129.33%,

Опыт № 3. Фотосинтез через 1 сутки после 4-го завядания,
Экспозиция 15', температура 18°С.

Контроль. Объем газовой смеси — 7 458 мм³.
Навеска 120 мг.

Концентрация CO ₂	до опыта	2.78%
"	"	после "
		0.15
		<u>2.63% × 7 458 =</u>

= Всего разложено CO₂ 196.145 мм³.

За 1 час 784.580 мм³.

На 100 мг св. веса 653.81 мм³—100%.

Завядавший. Объем газовой смеси 7 642 мм³.
Навеска 115 мг.

Концентрация CO ₂	до опыта	2.78%
"	"	после "
		0.24
		<u>2.54% × 7 642 =</u>

= Всего разложено CO₂ 194.107 мм³.

За 1 час 776.428 мм³.

На 100 мг св. веса 676.02 мм³—103.54%¹.

Опыт № 4. Фотосинтез через 2 суток после 1-го завядания.
Экспозиция 15', температура 19°С.

Контроль. Объем газовой смеси 8 365 мм³.
Навеска 80 мг.

Концентрация CO ₂	до опыта	3.75%
"	"	после "
		2.76
		<u>0.99% × 8 365 =</u>

= Всего разложено CO₂ 82.8135 мм³.

За 1 час 331.254 мм³.

На 100 мг св. веса 414.06 мм³—100%.

¹ В данном опыте могло сказаться недостаточное содержание CO₂ к концу опыта.

Завядавший. Объем газовой смеси 8 209.4 мм³
 Навеска 68 мг.

Концентрация CO ₂	до опыта	3.75 %
"	"	после "
		2.72
		<u>1.03 % × 8 209.4 =</u>
= Всего разложено CO ₂		84.5568 мм ³ .
За 1 час		338.227 мм ³ .
На 100 мг св. веса		497.39 мм ³ —123.09 %.

Опыт № 5. Фотосинтез через 2 суток после 3-го завядания.
 Экспозиция 15', температура 18° С.

Контроль. Объем газовой смеси 7 720 мм³.
 Навеска 136 мг.

Концентрация CO ₂	до опыта	5.87 %
"	"	после "
		4.49
		<u>1.38 % × 7 720 =</u>
= Всего разложено CO ₂		106.536 мм ³ .
За 1 час		426.144 мм ³ .
На 100 мг св. веса		313.34 мм ³ —100 %.

Завядавший. Объем газовой смеси 7 709 мм³.
 Навеска 105 мг.

Концентрация CO ₂	до опыта	5.87 %
"	"	после "
		4.35
		<u>1.52 % × 7 709 =</u>
= Всего разложено CO ₂		117.177 мм ³ .
За 1 час		468.708 мм ³ .
На 100 мг св. веса		446.338 мм ³ —142.46 %.

Опыт № 6. Фотосинтез через 2 суток после 3-го завядания.
 Экспозиция 15', температура 18° С.

Контроль. Объем газовой смеси 7 476 мм³.
 Навеска 128 мг.

Концентрация CO ₂	до опыта	5.87 %
"	"	после "
		4.18
		<u>1.69 % × 7 476 =</u>
= Всего разложено CO ₂		126.34 мм ³ .
За 1 час		505.36 мм ³ .
На 100 мг св. веса		394.81 мм ³ —100 %.

Завядавший. Объем газовой смеси 7 594.5 мм³.
 Навеска 107 мг.

Концентрация CO_2 до опыта 5.87%

" " после " 3.68

$$2.19\% \times 7594.5 =$$

= Всего разложено CO_2 166.395 мм³.

За 1 час 665.580 мм³.

На 100 мг св. веса 622.03 мм³—157.55%.

Опыт № 7. Фотосинтез через 2 суток после 4-го завядания.
Экспозиция 10', температура 17° С.

Контроль. Объем газовой смеси 7621 мм³.

Навеска 124 мг.

Концентрация CO_2 до опыта 2.78%

" " после " 1.56

$$1.22\% \times 7621 =$$

= Всего разложено CO_2 92.976 мм³.

За 1 час 557.856 мм³.

На 100 мг св. веса 449.88 мм³—100%.

Завядавший. Объем газовой смеси 7661 мм³.

Навеска 112 мг.

Концентрация CO_2 до опыта 2.78%

" " после " 1.58

$$1.20\% \times 7661 =$$

= Всего разложено CO_2 91.932 мм³.

За 1 час 551.592 мм³.

На 100 мг св. веса 492.492 мм³—109.48%.

Опыт № 8. Фотосинтез через 3 суток после 2-го завядания.
Экспозиция 15', температура 21° С. Расстояние от лампы 34 см.

Контроль. Объем газовой смеси 7240 мм³.

Навеска 107 мг.

Концентрация CO_2 до опыта 5.85%

" " после " 4.39

$$1.46\% \times 7240 =$$

= Всего разложено CO_2 105.7040 мм³.

За 1 час на 100 мг св. веса 39.516 мм³—100%.

Завядавший. Объем газовой смеси 7169.5 мм³.

Навеска 97 мг.

Концентрация CO_2 до опыта 5.85%

" " после " 3.72

$$2.13\% \times 7169.5 =$$

= Всего поглощено CO_2 152.71 мм³.

За 1 час 610.84 мм³.

На 100 мг св. веса 629.73 мм³—159.36%.

Опыт № 9. Дыхание. Тот же материал, что в опыте № 8, через 3 суток после 2-го завядания.

Экспозиция 2 часа, температура 23° С.

Контроль. Объем воздуха 7 202 мм³.

Навеска 360 мг.

Концентрация CO₂ после опыта 1.84%.

Выделено всего CO₂ 132.517 мм³:2.

За 1 час 66.258 мм³.

На 100 мг св. веса 18.41 мм³—100%.

Завядавший. Объем воздуха 6 960 мм³.

Навеска 287 мг.

Концентрация CO₂ после опыта 1.69% × 6 960 =

Всего выделено CO₂ 117.624 мм³.

За 1 час 58.812 мм³.

На 100 мг св. веса 20.49 мм³—111.29%.

Опыт № 10. Фотосинтез через 3 суток после 2-го завядания.

Экспозиция 15', температура 21.5° С. Расстояние от лампы 34 см.

Контроль. Объем газовой смеси 7 276 мм³.

Навеска 116 мг.

Концентрация CO₂ до опыта 5.85%

" " после " 4.85

100% × 7 276 =

= Всего поглощено CO₂ 7276 мм³.

За 1 час 291.04 мм³.

На 100 мг св. веса 250.89 мм³—100%.

Завядавший. Объем газовой смеси 7 442 мм³.

Навеска 93 мг.

Концентрация CO₂ до опыта 5.85%

" " после " 4.14%

1.71% × 7 442 =

= Всего разложено CO₂ 127.2582 мм³.

За 1 час 509.033 мм³.

На 100 мг св. веса 547.34 мм³—218.15%.

Опыт № 11. Фотосинтез через 3 суток после 4-го завядания.

Экспозиция 15', температура 19° С.

Контроль. Объем газовой смеси 7 553 мм³.

Навеска 150 мг.

Концентрация CO₂ до опыта 8.345%

" " после " 6.73

1.615% × 7 553 =

= Всего разложено CO₂ 121.60 мм³.

За 1 час 486.40 мм³.

На 100 мг св. веса 324.26 мм³—100%.

Завядавший. Объем газовой смеси 7 602 мм³.

Навеска 100 мг.

Концентрация CO₂ до опыта 8.345 %

" " после " 6.83

$$1.51\% \times 7\,602 =$$

= Всего разложено CO₂—114.79 мм³.

За 1 час на 100 мг св. веса 459.16 мм³—141.6%.

Опыт № 12. Фотосинтез через 5 суток после 4-го завядания.
Экспозиция 15', температура 21°С.

Контроль. Объем газовой смеси 6 958 мм³.

Навеска 110 мг.

Концентрация CO₂ до опыта 7.57 %

" " после " 6.23

$$1.34\% \times 6\,958 =$$

= Всего разложено CO₂ 93.237 мм³.

За 1 час 372.948 мм³.

На 100 мг св. веса 339.04 мм³—100%.

Завядавший. Объем газовой смеси 7 207 мм³.

Навеска 109 мг.

Концентрация CO₂ до опыта 7.57%

" " после " 5.79

$$1.78\% \times 7\,207 =$$

= Всего разложено CO₂ 128.285 мм³.

За 1 час 513.140 мм³.

На 100 мг св. веса 470.77 мм³—139.18%.

Опыт № 13. Фотосинтез через 5 суток после 4-го завядания.
Экспозиция 15', температура 21°С.

Контроль. Объем газовой смеси 7 249 мм³.

Навеска 123 мг.

Концентрация CO₂ до опыта 7.57 %

" " после " 5.62

$$1.95\% \times 7\,249 =$$

= Всего разложено CO₂ 141.355 мм³.

За 1 час 565.42 мм³.

На 100 мг св. веса 459.69 мм³—100%.

Завядавший. Объем газовой смеси 7 341 мм³.

Навеска 99 мг.

Концентрация CO₂ до опыта 7.57%

" " после " 5.92

$$1.65\% \times 7\,341 =$$

= Всего разложено CO₂ 121.126 мм³.

За 1 час 484.504 мм³.

На 100 мг св. веса 489.39 мм³—106.48%.

Опыт № 14. Фотосинтез через $6\frac{1}{2}$ суток после 2-го завядания. Экспозиция 15', температура 18°C .

Контроль. Объем газовой смеси 7190.8 мм³.
Навеска 150 мг.

Концентрация CO ₂ до опыта	3.34%
" " после "	0.59
	$2.75\% \times 7190.8 =$
= Всего разложено CO ₂	197.747 мм ³ .
За 1 час	790.988 мм ³ .
На 100 мг св. веса	527.33 мм ³ —100%.

Завядавший. Объем газовой смеси 7643.6 мм³.
Навеска 108 мг.

Концентрация CO ₂ до опыта	3.34%
" " после "	1.08
	$2.26\% \times 7643.6 =$
= Всего разложено CO ₂	172.745 мм ³ .
За 1 час	690.98 мм ³ .
На 100 мг св. веса	639.79 мм ³ —121.34%.

Опыт № 15. Фотосинтез через $8\frac{1}{2}$ суток после 2-го завядания. Экспозиция 15', температура 18°C .

Контроль. Объем газовой смеси 7802 мм³.
Навеска 128 мг.

Концентрация CO ₂ до опыта	5.87%
" " после "	3.92
	$1.95\% \times 7802 =$
= Всего разложено CO ₂	152.139 мм ³ .
За 1 час	608.556 мм ³ .
На 100 мг св. веса	476.215 мм ³ —100%.

Завядавший. Объем газовой смеси 8005 мм³.
Навеска 115 мг.

Концентрация CO ₂ до опыта	5.87%
" " после "	4.35
	$1.52\% \times 8005 =$
= Всего разложено CO ₂	121.676 мм ³ .
За 1 час	486.704 мм ³ .
На 100 мг св. веса	423.22 мм ³ —88.87%.

Опыт № 16. Фотосинтез через $9\frac{1}{2}$ суток после 2-го завядания. Экспозиция 15', температура 19°C .

Контроль. Объем газовой смеси 7681 мм³.
Навеска 110 мг.

Концентрация CO₂ до опыта 5.87%
" " после " 4.05
 $1.82\% \times 7681 =$

= Всего разложено CO₂ 139.794 мм³.

За 1 час 559.176 мм³.

На 100 мг св. веса 508.34 мм³—100%.

Завядавший. Объем газовой смеси 7848 мм³.
Навеска 115 мг.

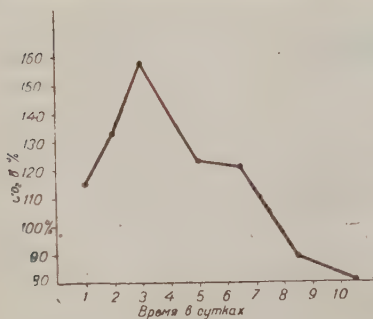
Концентрация CO₂ до опыта 5.87%
" " после " 4.36
 $1.51\% \times 7848 =$

= Всего разложено CO₂ 118.505 мм³.

За 1 час 474.02 мм³.

На 100 мг св. веса 413.08 мм³—81.26%.

На фигуре представлена кривая энергии фотосинтеза у растения, перенесшего завядание и находящегося в условиях хорошего увлажнения. Средняя из всех опытов энергия фотосинтеза контрольных незавядавших растений принималась за 100.



Кривая энергии фотосинтеза

По оси абсцисс отложено в сутках время после завядания. Ординаты — фотосинтез у опытных растений. Цифры получены как арифметические средние из повторных опытов.

Полученные цифры с полной очевидностью показывают нам возможность стимулировать ассимиляционную работу растения воздействием засухи. На третий день после завядания подъем энергии фотосинтеза достигал максимума, значительного по абсолютной величине. В то же время энергия дыхания оставалась в 30 слишком раз ниже фотосинтеза. Затем энергия фотосинтеза падала и к 8—9 дням была меньше, чем у контрольных растений. Весьма вероятно, что характер падения кривой будет зависеть от ряда условий и в первую очередь от увлажнения. Фотосинтез завядавших растений, быть может, значительно дольше будет превосходить по величине ассимиляцию контрольных растений, чем при сильном увлажнении. И нам представляется неправильным стремиться равномерно снабжать растение водою на протяжении всего периода его развития. Может быть, целесооб-

разнее было бы создать такие условия, при которых чередованием временных засух с поливами мы могли бы держать ассимиляционную деятельность на повышенном уровне, одновременно заботясь о том, чтобы в моменты подъемов энергии фотосинтеза обеспечить растение достаточным притоком CO_2 , а также необходимыми ему азотистыми соединениями.

Институт физиологии растений.
Академия Наук СССР.
Москва.

ЛИТЕРАТУРА

1. Броунов И. И., Журнал Моск. Общ. Сель, Хоз., 1896.
2. Васильев И. М. и Васильева Н. Г., ИМЕН, 1934., № 9.
3. Вальтер О. А., Бровцына В. Л. и Лебединцева Е. В. Труды ЛАБИФР, т. I, 1934.
4. Вернер А. Р., Труды по ирригации Заволжья, вып. 3, 1934.
5. Горн Н., D. Bot. Arch., Bd. 3, S. 137—173, 1923.
6. Гарвей, Journ. of Agr. Res., 15, 83—112, 1928.
7. Зайцева А. А., ИМЕН, 1935. № 1.
8. Залесский и Панфилов, Журнал оп. агр., т. XVII, кн. 5, 1916.
9. Зеельгарст, Journ. f. Landw., LIX, 259—291, 1911.
10. Ильин В. С., Растение и засуха. Прага, 1925.
11. Ильин В. С., Planta, Bd. 7, S. 59—71, 1929.
12. Ильин В. С., Planta, Bd. 7, S. 45—58, 1929.
13. Ильин В. С., Planta, Bd. 10, S. 1, 170—184, 1930.
14. Коломиец И. А., ДАН, т. I, № 5, 1934.
15. Коломиец И. А., Тр. ЛАБИФР, т. I, стр. 63—83, 1934.
16. Курсанов А., Planta, Bd. XX, V. 3, 535—548, 1933.
17. Лебединцева Е. В., Тр. по прикл. бот., ген. и селекц., т. XXIII, вып. 2, 1929—1930.
18. Молибога А. Я., Тр. по прикл. бот., ген. и сел., XVII, вып. 2, 1927.
19. Мотес, Planta, Bd. I, V. 4, 1925.
20. Мотес, Ber. d. Deut. Bot. Ges., Bd. 61, S. 59, 1928.
21. Мотес, Flora, Bd. XLVIII, S. 58—98, 1933.
22. Максимов, Физиол. основ. засухоустойч. растений, Прил. к Тр. по прикл. ботанике, 1926.
23. Новиков В. А., Журн. оп. агр., т. IX, вып. 2, 1931.
24. Петин Н. С., Тр. по ирригации Заволжья, вып. 3, 1934.
25. Петин Н. С., Колодязная, то же.
26. Петин Н. С., ДАН, 2,370, 1934.
27. Прянишников Д. Н., Частное земледелие, изд. Новая деревня, 1929.
28. Панфилов Е. П., Журн. Инст. оп. агр., т. XVII, вып. 5, 1916.
29. Тулайков Н. М., Журн. оп. агр., т. XV, кн. 1, 1914.
30. Уршпрунг, Ber. d. deut. Bot. Ges., Bd. 35, V. 9, 1917.
31. Шрёдер и Горн, Bioch. ZS., 1922.

A. ZAJCEVA. ON THE INFLUENCE OF SOIL-DROUGHT ON PHOTOSYNTHESIS

SUMMARY

Even quite recently (Iljin, 1925) it was still considered, that all temporary drought is harmful and that it is necessary to guarantee a uniform supply of water to the plant during the whole vegetative period in order to have a good yield. The data accumulated during the last few years and the results of scientific researches have shown one of the most important qualities of the harvest—a high protein content of the grain—to be associated with lack of soil-moisture (Zeelhörst, Prjanišnikov, Zaleskij, Panfilov, Tulajkov).

The works of Brounov, Moliboga, Kolomijec and Petinov have established the existence of "critical periods", i. e. of periods, when the plant acutely needs water. To obtain a good yield, there is enough to guarantee a sufficient supply of water to the plant during such critical periods; a temporary drought not coinciding with any of these periods will not lower the yield by any significant amount and sometimes will even raise it (Moliboga).

This important discovery is of great practical value for irrigated areas, where we can limit ourselves to a few waterings timed to coincide with the critical periods. The way was, thus, open for a solution of the problem of obtaining grain of a high protein content without lowering the yield.

Still later it was found that the energy of photosynthesis after watering is much greater in the plants which have endured drought than in those which have not experienced wilting (Zajceva, 1934). Cases of high yields from fields which have endured soil-drought in the earlier stages of plant growth could be thus accounted for. The alluring prospect of being able to control the crop by means of drought, both in respect of quality and quantity is then opened up before us.

In fact, if it were actually proved that the increased photosynthesis continues in a wilted plant for a considerable period of time, we should then have a means of not only setting up favourable conditions for the accumulation of proteins, but also of stimulating the production of dry matter. Drought would thus be converted from a harmful factor into a means of increasing and bettering the yield.

The purpose of the present work was to study the energy of photosynthesis of plants subjected to soil-drought and to determine for how long this increased photosynthesis continues. Lack of water and wilting results in a series of changes in the assimilating cells. The carbohydrates break up into monosaccharides, which leads to an increase of the number of molecules and a rise of osmotic pressure (Schröder and Gory, Unsprung, Iljin, Gory, Maximov, Vassiljev), the activity of protease increases (Werner).

There also occurs a splitting of protein molecules, resulting not only in the production of saccharides, but also in the accumulation of aminoacids (Harvey, Motess). The presence of saccharides and aminoacids increases the dispersity of the plasma (Novikov). The water-retaining powers of the tissues increase (Novikov, Lebedinceva). The changes of the plasma produced by lack of water are retained for some time even after the water supply of the cell was improved. Thus, according to Lebedinceva, even two weeks after wilting the water-retaining powers of lucerne, which has been well watered are still twice those of specimens, which have not been subjected to wilting; the degree of water-saturation of the tissues was also higher. Similar data are to be found in the work of Walther, Brovcina and Lebedinceva. The last factor alone—the high degree of saturation of the assimilating tissues with water—is already very favourable for the process of assimilation (Zaiceva). The presence of the NH_2 group will also act in the same direction, if with the rise in oxygen potential due to photosynthesis, synthesis of proteins will set in—then the carbohydrates formed will build up the protein molecule, and the plastids will be free of the inhibitory effect of the excess of assimilants (Kursanov).

The above considerations led us to conclude that the rise of photosynthesis observed by us after wilting will not fall directly after watering but will continue for a certain period of time after water supply. We chose the Viner variety of barley cultivated in pots for our experiments. Control plants were uniformly watered throughout the whole period of the experiment, while the experimental ones were periodically subjected to soil-drought resulting in their wilting. The hardening of the experimental plants, i. e., the cessation of watering was begun on the fourth day after sprouting. The experimental plants had endured from one to four wiltings before sampling. The wilted plant was watered before the test and was then watered daily, as well as the control plant throughout the whole period of sampling. The second leaves from the top were used for the tests.

Assimilation was carried out under a 300 Watt lamp at a distance of 30 cm in closed flat sudiometers with a high content of CO_2 . The gas was analyzed in the Polovcev-Richter apparatus.

The data obtained convincingly prove the possibility of stimulating the process of assimilation in a plant by means of drought. On the third day after wilting the rise in photosynthetic energy reached its maximum, the absolute value of the latter being considerable. At the same time the energy of respiration remained thirty times and more less than that of photosynthesis. The energy of photosynthesis then began to fall and on the eighth or ninth day was less than that of control plants. It is very probable that the curve gradient depends on a number of conditions of which watering is one of the most important. The photosynthesis of wilted plants will, perhaps, exceed that of control ones during a much longer

period if they will be not too abundantly watered. Therefore it seems erroneous to us to aim at a uniform supply of water to the plant throughout the whole period of its growth. It would be, perhaps, more advantageous to set up such conditions as to keep the assimilating powers of the plant at a high level by means of alternations of temporary droughts and waterings, at the same time, seeing that the plant would receive a sufficient supply of CO_2 and the requisite nitrogen compounds during such periods of increased photosynthetic energy.

Н. С. ПЕТИНОВ**ОРОШЕНИЕ ПШЕНИЦ ЗАВОЛЖЬЯ***(Представлено академиком А. А. Рихтером)*

Настоящая работа имеет целью на основе научных исследований наметить некоторые пути практического осуществления задания Партии и Правительства о создании высоко-устойчивой базы зерновых культур в орошаемом Заволжье.

Исследования были направлены на отыскание путей получения большого урожая при неперенном условии сохранения, а в некоторых случаях и улучшения качества зерна поливных пшениц.

При организации исследовательской работы автор стремился установить в строгой координации с биологическими особенностями отдельных сортов пшениц и всем комплексом местных условий наиболее правильный гидромодуль: его периодичность, т. е. закономерность чередования поливов с засухой в связи со стадийностью в развитии растений, и его высоту.

Значительное место в работе отведено вопросу изучения наиболее рационального применения минеральных удобрений в сочетании с различными способами орошения.

1. ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ НА РАСТЕНИЕ И СРЕДУ

Растение поглощает воду из почвы в огромных количествах. Вместе с водой в растение поступают необходимые для него растворимые минеральные вещества. Вода составляет обычно от 75 до 90%, и более всего состава живых клеток растения, обуславливая собой высоту деятельности физиологических и биохимических процессов. Такая огромная потребность растений в воде объясняется еще тем, что растения на протяжении всего периода роста очень много расходуют ее на испарение через свои надземные части. Так например, один урожай пшеницы испаряет в воздух с гектара в год около 3 000—5 000 т воды.

Естественно, что для покрытия такого большого испарения воды требуется постоянное поступление ее из подземных частей, нужна постоянная и напряженная работа корневой системы. Если в почве нет достаточного количества воды и корни не могут обеспечить ею растения, чтобы покрыть расход на испарение, растения начинают завядать, а в крайних условиях засухи даже гибнут от засыхания. Од-

нако не всякое завядание и не всегда будет губительно для роста и развития растения. Если растения, в частности пшеницы, как будет далее указано, подвергаются временной непродолжительной и неглубокой засухе в ранних стадиях развития, например в период кушения, то это настолько стимулирует дальнейшее интенсивное развитие их, что гарантирует даже значительно повышенный урожай.

1. Влияние орошения на растение

Положительное действие орошения на развитие растений проявляется прежде всего непосредственно путем предоставления им недостающего количества воды, которую они используют через свою корневую систему. Последняя очень сильно реагирует на изменение влажности почвы. Особенно большое значение для роста и распространения корневой системы имеет состояние влажности почвы в начальные стадии развития растений, когда идет наибольшее развитие корней. В большинстве случаев при большой влажности почвы (больше 50—60% от полной влагоемкости) наблюдается уменьшение размеров и веса корневой системы.

Вместе с тем в зависимости от норм и времени полива изменяется и количество корней по горизонтам: частые поливы мелкими нормами способствуют развитию корневой системы в более поверхностных слоях почвы, а отсюда — возможность более полной утилизации питательных веществ.

Еще большее влияние оказывает орошение на надземные части. Увеличение влажности почвы почти всегда сопровождается увеличением площади листьев и роста самих растений.

Поливы, создавая совершенно иные условия водного режима, резко изменяют также внутренние соотношения, обуславливающие устойчивость растительного организма. Они в значительной степени парализуют действие чрезмерно возрастающей испаряемости и даже уменьшают вредное перегревание листа, давая ему возможность понижать свою температуру усиленной транспирацией (1).

Кроме того искусственное орошение не только определяет для растения тот или иной водный режим, но и устанавливает в связи с ним общий режим питания, благодаря чему дает возможность во многом управлять и самим ходом развития растения. Но, чтобы управлять развитием культурного растения, т. е. направлять его жизнедеятельность в желаемую для нас сторону, мы должны знать те изменения в ходе развития растения, какие происходят в нем под влиянием орошения. Это требует в свою очередь глубокого аналитического подхода к изучению основных физиологических процессов, протекающих в растениях, и их динамики, в зависимости от нашего воздействия и сочетания внешних условий.

2. Влияние орошения на среду (почва, микроклимат)

Орошение значительно изменяет и окружающую среду: почву, микроклимат и пр. Почва при правильном орошении улучшает свои физические свойства и усиливает химико-биологические процессы, происходящие в ней (2). Усиливается микробиологическая деятельность; это ведет к повышению содержания углекислого газа в нижних слоях атмосферы, что в свою очередь улучшает воздушное питание растений (2, 3, 4). Развитие микроорганизмов в почве происходит наиболее энергично при некотором определенном содержании влаги в почве. По исследованиям Кононовой и Сикстель (4) оптимальная, т. е. наиболее благоприятная влажность для процесса нитрификации составляет около 60% от полной влагоемкости данной почвы. Уменьшение влажности и увеличение ее по сравнению с оптимальной угнетает процесс нитрификации. Даже больше: действие высокой влажности не только прекращает процесс нитрификации, но вызывает исчезновение нитратов, бывших первоначально в почве.

Особенно усиливается нитрификация почв в результате временного подсушивания, а затем последующего увлажнения (полив). Способы орошения имеют также большое значение для процесса нитрификации (3).

Капиллярное смачивание пахотного горизонта при инфильтрационном способе полива (по бороздкам), сохраняя его структурное состояние обеспечивает его лучшую аэрацию и газообмен почвенного воздуха, а в связи с этим увеличивает энергию нитрификационных процессов по сравнению со способом полива затоплением.

Орошение в значительной степени влияет на микроклимат в сторону его смягчения: повышает относительную влажность воздуха и понижает его температуру в травостое. Эти изменения связаны с затратой солнечной энергии на испарение и транспирацию растениями поливной воды, с изменением температуры самой почвы.

Исследования Скворцова (5) показали, что температура почвы в слое первых 20 см под влиянием полива снижается более чем на 10° С (данные получены спустя 3 дня после полива). Значительная разница в температуре и влажности воздуха на поливных и неполивных участках наблюдается обычно в течение всего дня, достигая максимального предела в средние часы дня в момент наибольшего напряжения атмосферных факторов.

Смягчение микроклимата является одной из причин изменения в более благоприятную сторону водного и температурного режима растений.

II. СПОСОБЫ ОРОШЕНИЯ

Для Заволжья запроектированы, как известно, две различные системы надземного орошения.

1. Обычный способ орошения путем распределения воды непосредственно на поверхности почвы либо по отдельным площадкам—«чекам» через систему крупной и мелкой оросительной сети (арычный способ) либо полив по бороздкам, между рядами возделываемой культуры—полив инфильтрацией (проект акад. И. Г. Александрова).

2. Орошение путем дождевания (проект проф. Ризенкампа).

В последнее время Средневолжским научно-исследовательским институтом мелиорации и орошаемого земледелия ведутся опытные работы по применению агро дождевания, что может дать совершенно новые перспективы в нашем социалистическом орошаемом хозяйстве.

При обычном арычном способе орошения участок разделяют невысокими земляными валиками на ряд площадок—«чеков»—различного размера в зависимости от склона местности. Вода напускается с каналов в чеки через специальные трубы, вставленные в валики. Способ этот применим только при спокойном рельефе.

При инфильтрационном способе орошения бороздки устраиваются плугами или культиваторами перпендикулярно к распределительному каналу. Вода при этом способе не затопляет участок, а поступает в бороздки, смачивает их дно и стенки и увлажняет таким образом длинные площадки почвы с растениями, находящимися между двумя соседними бороздами.

Способ орошения дождеванием не требует никакой сети. Вода подается из источника насосной станцией и затем по трубам на поле, где при помощи специального дождевального аппарата и установок она под давлением разбрызгивается и падает на землю в распыленном виде.

Каждый из этих способов орошения имеет свои преимущества и недостатки.

Главные недостатки обычного (арычного) орошения (6):

1. Стеснение механизации сельскохозяйственных работ.

2. Зависимость от микрорельефа и необходимость дорогостоящих планировочных работ.

3. Необходимость больших затрат воды на полив с вытекающими отсюда последствиями (подъем грунтовых вод, заболачивание, засоление, дороговизна устройства каналов и пр.).

4. Неравномерные поливы и поэтому пестрота урожаев на поливных участках.

5. Значительная потеря воды как в каналах, так и на полях на просачивание в глубокие слои и на сбросы.

6. Потеря полезной площади под мелкой оросительной сетью и др.

Способ орошения дождеванием имеет следующие крупные достоинства (6,7):

1. Отсутствие необходимости устройства мелкой оросительной и сбросной сети, а также планировки полей. Способ применим при вся-

ких рельефах. Отсюда—полная возможность механизации обработки почвы и значительного уменьшения потери полезной площади (до 33%).

2. Значительно меньший расход оросительной воды, так как коэффициент полезного использования воды при этом способе увеличивается с 0.27 до 0.90 (8).

3. Благодаря меньшему поступлению воды в почву заболачивание и засоление почвы, а также ухудшение физических свойств почвы (уплотнение) не являются такими опасными, как при обычном орошении, получается более нормальное соотношение между содержанием в почве влаги, воздуха и питательных веществ.

4. Дождевание позволяет легко маневрировать поливными нормами, увеличивая количество поливов. Благодаря этому исключается промачивание нижних почвенных горизонтов и глубокое расположение корневой системы, которая почти целиком располагается в верхних горизонтах почвы — около 50 см. Такое расположение корней позволяет им лучше использовать верхние, более плодородные слои почвы.

5. Можно более точно дозировать количество воды на каждую определенную площадь, не считаясь с рельефом, в зависимости от состояния почвы и растения и в такие сроки, которые будут полностью отвечать потребностям растения и условиям погоды.

6. Увлажняются не только почва и растения, но и воздушная среда. Листья растений при этом охлаждаются, что ведет к уменьшению энергии транспирации влаги.

7. Полив дождеванием позволяет вводить удобрения в любые сроки, применительно к требованиям растения, и следовательно дает большую возможность управлять основными физиологическими процессами, значительно повышать урожай и качество зерна.

Однако и способ дождевания имеет некоторые слабые стороны, отмеченные Костяковым, это: 1) значительная потеря воды (относ частиц ее ветром), оседание на листьях растений и испарение; 2) неравномерность полива при ветре.

Но основной причиной, ограничивающей применение современных систем дождевания, — это пока что высокая стоимость оборудования и значительные эксплуатационные расходы. Усовершенствованием и удешевлением дождевального оборудования можно конечно устранить тормоз к широкому распространению дождевания.

III. ОРОШЕНИЕ И УРОЖАЙ ПШЕНИЦ

1. Сроки, количество и нормы поливов

Урожай. Искусственное орошение бесспорно представляет собою наиболее радикальный способ борьбы с засухой. Как правило, орошаемые культуры стоят по урожаю всегда выше неорошаемых, и этот

эффект обычно значительнее в засушливых местах. Многочисленные данные как иностранных, так и русских исследователей неоспоримо утверждают это.

Таблица 1

Сравнительная урожайность яровой пшеницы в центн. на га по Валуевской опытной станции (по данным Данилевича)

	1924 г.	1925 г.	1926 г.	1927 г.	1928 г.	1929 г.	1930 г.	1931 г.	Средняя
С орошением	19.3	20.4	18.0	13.9	26.9	23.6	29.0	26.8	22.2
Без орошения	0	6.2	6.3	2.2	5.8	7.2	0.7	3.0	3.9

Но эффективность орошения чрезвычайно различна и всецело зависит от правильного установления сроков, количества и норм поливов (гидро модуль) в строгом соответствии с биологическими особенностями отдельных сортов и всем комплексом местных условий (9).

Растения в различные периоды своего развития предъявляют к воде неодинаковые требования. Период наиболее интенсивного роста, когда требуется большое количество питательных растворов, совпадает с острой потребностью воды. Засуха в это время может роковым образом отразиться на урожае. Такие периоды в жизни растений проф. Броунов (10) назвал критическими. Для различных растений и для разных мест они наступают не в одни и те же сроки вегетации. Из всех многочисленных исследований в этой области укажу только на 3 работы, касающиеся установления критических периодов для культурных злаков.

Молибога (11) своими вегетационными опытами с пшеницей Маркиз показал, что этот период наступает в первую очередь в стадии колошения и во вторую — выхода в трубку; засуха в период налива (молочная спелость) оказалась менее опасной.

Ильин (12), работавший на Саратовской опытной станции, отметил, что наибольший расход воды яровой пшеницы Полтавки происходит в период от выхода в трубку до колошения. Результаты работы Коломийца (13) с четырьмя сортами яровых пшениц показали, что они наиболее отзывчивы к влиянию почвенной засухи в стадии перехода растений к генеративному развитию, т. е. в стадии, предшествующей выметанию колоса (дней за 5—7 до колошения).

Таким образом наибольшая потребность растения в воде совпадает с его критическим периодом. Установление этого периода является одним из основных вопросов, касающихся выяснения чувствительности определения культуры и соответствующих метеорологических условий. Это может дать в свою очередь возможность ближе подойти к наиболее существенному вопросу при орошении — к возможности установить сроки полива.

Нельзя забывать при этом, что потребность растения во влаге зависит не только от состояния самого растения, но и от состояния почвенной влажности, условий испарения и пр. Будет ли поддерживаться почва все время в увлажненном состоянии или будет установлена переменная ее влажность, результаты получатся конечно разные. Полив, создавая прежде всего обилие воды в почве, приводит растения к изнеживанию, выражающемуся в том, что вновь возникшие листья и другие органы приобретают менее ксероморфную структуру и в меньшей степени поэтому противостоят засухе.

Нужно чередовать влажность почвы с предварительной, временной сухостью, иначе говоря, закаливать растения, и тогда результат урожая будет эффективнее.

Работы Новикова (14) на Валуевской опытной станции показали, что при длительном межполивном периоде поливные растения страдали от засухи больше, чем неполивные.

Необходимым стимулом к повышению закаленности растений является неглубокая временная засуха, которой подвергаются растения на ранних стадиях своего развития.

Некоторая задержка в росте в этом случае может быть легко компенсирована тем, что растения, получившие более ксероморфное строение, обнаруживают затем большую интенсивность физиологических процессов.

Туманов (15), Максимов (16), Preul (17) еще в 1908 г. отметили, что достаточная влажность с предшествующей засухой в ранний период вызывает большой урожай семян; если же период засухи совпадает с колошением, то результаты получаются противоположные. Чтобы показать, как сильно меняется чувствительность пшеницы к почвенной засухе в разные фазы роста растений, приведем результаты вегетационных опытов Молибога (11) с пшеницей Маркиз.

Таблица 2

Подвержены засухе в период:	Урожай зерен	
	в г	в %
Контроль	7.92	100
Кущение	10.82	137
Выход в трубку	3.90	50
Колошение	2.67	34
Налив	6.12	72

Из данных табл. 2 видно, что засуха в период кущения при последующем переходе растений в оптимальные условия не только не вредит, но и действует стимулирующим образом на урожай зерна.

Подтверждение и дальнейшее развитие этого интересного и очень важного момента мы имеем в работах Коломийца (13) и Удольской (18). Опыты Коломийца показали, что пшеница после воздействия неглубокой засухой в фазу кущения и начала стеблевания становится более устойчивой как к иссушающему действию атмосферы, так и к чрезмерному увлажнению почвы, и повышает урожай до 80% по сравнению с контролем.

Утверждение это вполне соответствует тому заключению, к которому пришла и Удольская. По данным этого автора засуха, перенесенная в стадии кущения, значительно изменяет физиологические особенности растений: увеличивается водоудерживающая сила листьев, изменяются анатомические коэффициенты у части сортов пшениц, повышается энергия ассимиляции, увеличивается абсолютный урожай азота в зерне.

Следовательно и сроки поливов в общем должны быть так распределены, чтобы растения за время межполивного периода не успели растратить всю данную им воду и не испытывали слишком глубокого страдания от иссушения своих тканей (1).^Г

Несомненно, что сроки поливов в первую очередь необходимо увязывать с критическими периодами растений в данных конкретных условиях (наличие влаги в почве, ее влагоемкость, климатические условия, характер и размер испаряющей поверхности культурных растений). В соответствии с особенностями и состоянием почвы, погоды, сорта изменяется и количество, даваемое в один полив, изменяется и число поливов (19).

По срокам полива яровой пшеницы имеется большая и довольно разноречивая литература, касающаяся большей частью количественной стороны урожая. Сроки, число и нормы поливов, устанавливаемые многими авторами, весьма разнятся между собою в зависимости от местных условий: почвы, климата, техники полива, сорта и пр.

Многие работы с полной очевидностью доказывают, что лучшие результаты достигаются двумя поливами, но время распределения их трактуется по-разному и часто сбивчиво. Остановимся только на некоторых работах, ближе стоящих к нашим условиям. Взять например работу Сабашникова (20), который ставил вегетационные опыты с переменным и избыточным увлажнением проса и яровой пшеницы и получил очень ценные результаты. Временное избыточное увлажнение пшеницы в период выхода в трубку повысило общий урожай почти в $1\frac{1}{2}$ раза, а в период выколашивания даже несколько понизило урожай. Двукратное же временное избыточное увлажнение в период выхода в трубку и в период выколашивания повысило урожай почти в два раза. Следовательно, запаздывание с первым поливом (позже периода выхода в трубку) при недостатке почвенной влажности может весьма отрицательно действовать на урожай.

К таким же (верным с нашей точки зрения) результатам пришел и Косматов (21). На основании 4-летних (1926—1929 гг.) данных на Валуевской опытно-мелиоративной станции по изучению схем полива для пшеницы *Melanoriz* № 069 он сделал заключение, что лучшие результаты получаются при 2-поливной схеме орошения: 1-й полив — начало стеблевания и 2-й полив — колошение. Для условий Северо-Кавказского и Азово-Черноморского края по данным Шумакова (22) лучшие сроки при двукратном поливе также совпадают с периодом выхода в трубку и с колошением.

Выводы Гавва (23), работавшего на Валуевской опытно-мелиоративной станции, также говорят за то, что „лучшим межполивным периодом надо считать срок от стеблевания до полного колошения, равный 20—25 дням“. Ясное дело, что эта величина условная и зависит от многих факторов: почвы, развития растений, состояния погоды и пр. Межполивный период может быть увеличен, если например почва глинистая, частые осадки, удлинение вегетационного периода, и наоборот, может быть уменьшен, когда почва супесчаная, отсутствие дождей и наличие высокой температуры.

По данным ВИЗХ (24) высокий урожай зерна пшеницы дал также двухполивный вариант — в стадии стеблевания плюс полное цветение — 18.1 центн., против варианта стеблевания плюс полное колошение 18.3 центн. и контроля (без полива) 10.6 центн. Два полива в другие сроки дали относительно большое увеличение соломы и меньший урожай зерна с пониженным его качеством.

В условиях сухого года особое значение имеет срок первого полива. Малейшее запаздывание в пределах 5—6 дней может вызвать большее снижение урожая, что видно например из данных Соловьева (25), работавшего в Заволжье (Ершовский опытно-мелиоративный участок ВИЗХ) на каштановых почвах сыртов (холмистых).

Таблица 3

Схема опыта с различными сроками поливов.

Норма поливов 70 см, 2-кратный полив. Всего израсходовано 2 480 м³ на га (по данным Соловьева)

Ф а з ы		Первый межпо- ливный период	Урожай в ц на га	
1-й полив	2-й полив		зерно	солома
Полная трубка 14/VI	Начало завязи зерна 29/VI	15 дн.	15.5	26.3
Конец кущения 8/VI	Начало завязи зерна 29/VI	21 "	19.3	28.1
То же	Налив зерна 13/VII	35 "	13.5	23.0

Таким образом запаздывание с первым (в особенности) и вторым поливом снижало урожай зерна на 4—6 ц при одновременном ухудшении качества зерна и увеличении соломистой части урожая за счет подгонов.

Такие же результаты раньше были отмечены Шумаковым (22)

Таблица 4

Сроки поливов и урожай.
Яровой ячмень (по данным Шумакова)

Число поливов	Сроки поливов	Норма в м³ на га		Урожай в ц на га
		поливная	оросит.	
0	0	0	0	10.14
1	Трубка 13/V	977.0	977.0	21.79
1	Налив 18/V	1026.8	1026.8	13.79
2	Трубка плюс налив	1045+1028	2073	22.05

Как видно из приведенных данных Шумакова, второй полив в стадии налива зерна дал только небольшое увеличение урожая зерна пшеницы

Опытами Института физиологии растений Академии Наук СССР (25) на Красно-Кутской селекционной станции в 1933 г., а также последующими в 1934—1935 гг. в других районах Заволжья было твердо установлено, что наилучшие результаты урожая зерна яровых пшениц получаются при 2-поливной схеме орошения: 1-й полив в стадии начала стеблевания и 2-й—в стадии полного колошения. Следует упомянуть здесь, что при всех условиях полив дождеванием был более эффективен, чем другие способы орошения (фиг. 1).

Приведем наши данные по двум сортам яровой пшеницы.

Таблица 5

Урожай зерна пшениц при различных сроках полива (дождевание)

Поливы	Опыт 1933 г.				Опыт 1934 г.			
	№ 069		№ 0841		№ 069		№ 0841	
	в ц	в %	в ц	в %	в ц	в %	в ц	в %
Контроль (без полива)	11.51	100.0	9.42	100.0	14.98	100.0	13.10	100.0
Стеблевание плюс колошение	19.09	165.8	18.65	197.9	22.80	152.20	25.35	193.5
Стеблевание плюс начало налива зерна	14.85	129.0	11.51	122.2	—	—	—	—
Кушение плюс колошение	16.10	139.8	14.80	157.0	—	—	—	—
Кушение плюс начало налива зерна	14.60	126.8	11.20	118.9	—	—	—	—

Несмотря на обилие выпавших осадков за вегетационный период 1933 г. — 182.2 мм (апрель — 19.5 мм, май — 24.9, июнь — 68.10, июль — 29.70), влага все же оставалась в минимуме, и поливы повысили урожай. Еще больший эффект был получен в 1934 г. (Ершово), метеорологические условия которого были отличны от 1933 г. Сухой май 1934 г., сопровождавшийся временной засухой в ранний период развития пшениц, чрезвычайно способствовал увеличению общего урожая непорослых пшениц. Вместе с тем дополнительный полив в этом случае оказал гораздо больший эффект, чем в 1933 г.

Как видно из вышеприведенных данных, полив в два срока — стебление плюс колошение — дал лучшие результаты. Ранний первый полив (в кущении) вызывал пышное развитие вегетативной массы, снижая отношение веса зерна к соломе, и в конечном итоге урожай зерна по отношению схемы — стебление плюс колошение — снизился на 3 ц несмотря на то, что разница была только в сроке проведения первого полива. Запоздывание со вторым поливом также значительно понижало эффективность орошения. В этом случае полив в стадии налива зерна способствовал развитию „подгонов“,

следовательно увеличению соломы в ущерб зерна, так как развитие (подгонов) шло за счет пластических веществ, особенно необходимым в этот момент для образования зерен.

Запоздалый второй полив снизил даже благоприятное действие своевременно проведенного первого полива, и результат получился хуже, чем с одним поливом, данным в стеблевании. Еще больше понижается эффективность орошения, если при первом поливе в кущении отодвинуть срок второго полива к стадии налива (образования) зерна.



Фиг. 1. Влияние разных способов орошения на урожай яровой пшеницы: 1 — контроль (неполив), 2 — поливы дождеванием, 3 — поливы инфильтратом

Опыты с однополивными вариантами в условиях Заволжья оказались мало эффективными. Ослабив действие засухи, один полив далеко не устранял всех неблагоприятных условий, и урожай в значительной степени оставался в зависимости от атмосферных осадков. В этом варианте срок полива особенно остро отражается на урожае: чем позже дается полив, тем ниже становится урожай зерна.

Однократный, запоздалый полив в период налива зерна уже не имел почти никакого эффекта по сравнению с контролем. Как показали наши опыты на большом количестве сортов яровой пшеницы, в однополивном варианте следует давать полив в стадии стеблевания. В других условиях, например Северо-Кавказского края (22, 27), уже при однократном поливе в стадии выхода в трубку может быть значительное повышение урожая яровой пшеницы гирки и гарновки, свыше чем на 200%.

Некоторые авторы (28, 29) рекомендуют в целях получения высоких урожаев зерна пшениц давать три полива, из которых один — перед посевом, а два другие — после. Здесь нужна осторожность. Во избежание изнеженности растений, о которой говорилось раньше, необходимо более детальное изучение, прежде чем его рекомендовать. Распределение трех поливов в другие сроки (от кущения и позже) по данным бригады ВИЗХ не дает никакого положительного эффекта.

В этом случае третий полив даже снизил урожай зерна. Объясняется это тем, что применение слишком большого количества воды вызывает подтопление корней, способствует полеганию, задерживает созревание и усиливает заболевание ржавчиной.

Иная установка была взята американскими исследователями Кезер и Робертзон (30). Их обстоятельная и интересная работа была проведена на опытно-оросительной станции в штате Колорадо, с целью выяснить одновременно нормы и сроки полива у пшениц. Посев произведен на маленьких делянках, которые закрывались брезентами во время дождя, и тем самым устранялось его влияние.

В результате своей работы авторы пришли к заключению, что частые поливы небольшими порциями в 25 мм дали наилучший результат, почти вдвое превышающий все другие сроки поливов. На преимущество учащенных поливов указывалось еще в работе Бородиной (30). Однако не нужно упускать из виду, что один из важных факторов при орошении, приводящих к наилучшим результатам, — это стимулирующий эффект смены влажности и легкого подсушивания, строго распределенных во времени, применительно к каждому конкретному случаю. Поэтому нельзя особенно увлекаться учащением поливов в такой степени, чтобы держать почву в постоянном или, что еще хуже, в чрезмерном увлажнении, вызывающем отрицательное действие на развитие самого растения. Также с точки зрения накопления нитратов

поле невыгодно держать длительное время в состоянии увлажнения (частые поливы), ибо вследствие использования легко мобилизуемого азота процесс накопления O_2 прекращается и наблюдается даже снижение нитратов (4).

Нормы поливов

а) Методы определения норм полива

Количество воды, потребное для орошения пшеницы, варьирует по районам в зависимости от климата, распределения осадков, почвы и сорта. Потребность во влаге культурных растений некоторые авторы (32, 33, 34) определяли, изучая транспирацию либо за весь вегетационный период либо за определенный его промежуток. Этот метод является конечно сугубо ориентировочным, лишь первой грубой наметкой.

Обычным критерием для установления оптимального гидро модуля служил конечный урожай. Гидро модуль выражался в количествах куб. метров воды за оросительный сезон. Поливная же норма изменялась в разных количествах в зависимости от влажности почвы и состояния растения. Более углубленные физиологические методы (определение ассимиляции, транспирации, динамика сухого вещества, осмотического давления клеточного сока и пр.) могут дать разницу в оценке поведения растения и подойти к установлению оптимальной оросительной и поливной нормы.

Установление гидро модуля на основании лишь одного учета урожая как показали многие опыты, недостаточно и может дать лишь первые условные данные.

Одной из серьезных попыток дать физиологическое обоснование гидро модуля является работа бригады Института физиологии растений Академии Наук СССР под руководством В. А. Новикова на Валувеской опытно-мелиоративной станции. В своей работе бригада поставила себе задачей изучить, насколько поливы, данные в определенные стадии развития, влияют на ход основных физиологических процессов исследуемой пшеницы *Melanopus* № 069, насколько они в таких случаях способствуют созданию высоких урожаев.

Большой экспериментальный материал бригады позволил Новикову внести существенную и обоснованную поправку к принятому на Валувеской станции оптимальному гидро модулю с двумя поливами (первый в кущении — 1 200 м³, второй через 24 дня — 1 200 м³).

Новиков считает, что норма первого полива велика и что такая грузная норма, резко изнеживая растения, приводит их к очень большому расходу воды в транспирационном процессе. В результате этого уже на 17-й день от полива растения ощущают недостаток воды, и ход основного физиологического процесса — ассимиляции резко падает,

становится даже ниже, чем у неполивного растения. Поэтому Новиков приходит к заключению, что для придания растениям большей устойчивости необходимо первый полив давать меньшей нормой, а второй, сдвинутый к середине июня,—с более грузной нормой полива. К сожалению, в выводах не указана другая основная часть гидро модуля — сроки поливов, что лишает возможности проверить и применить их на сельскохозяйственной практике.

Наряду с этим в целях обобщения результатов опыта по различным годам и для различных типов почв расчеты нормы поливов удобнее и вернее следует делать, исходя не из количества куб. метров на га (отвлеченной нормы), а от глубины насыщения почвы. Этот метод учитывает процесс насыщения почвы водой, водно-физические свойства отдельных генетических горизонтов почвы, наличный запас влаги в почве (остатки весеннего запаса и выпавших до полива осадков) и размещение корневой системы пшеницы (35).

Есть неверное мнение, будто вообще доводить почву до оптимального увлажнения путем искусственного орошения не представляется рентабельным, так как действие единицы количества воды при состоянии увлажнения, близком к оптимальному, чрезвычайно незначительно (36). Именно путем орошения, считаясь с конкретными почвенными, климатическими и метеорологическими условиями, мы должны в критические периоды развития растения ставить его в наиболее оптимальные условия увлажнения, не допуская при этом избыточного, вредного орошения. Только при таком положении и при учете биологических особенностей растения, его различной потребности во влаге в разных стадиях развития возможно получить высокий урожай.

б) Недостаточное и избыточное орошение

Полив не всегда может дать положительный эффект. Это наблюдается в тех случаях, когда полив дается либо несвоевременно либо не в тех количествах-нормах, какие требуются для данной культуры.

Недостаточное орошение (ниже нормы) мало эффективно, так как увеличивается относительный вес листьев и стеблей, но урожай зерна получается не высокий. Но еще хуже, когда полив превышает определенный предел — оптимум поливной нормы, и тогда избыточное орошение отрицательно отражается на растении и почве. Избыточное орошение затоплением прежде всего производит значительное изменение структуры и механического состава почвы: при отмучивании происходит оседание крупных частиц и всплывание элементов физической глины (37).

Отмученные почвы очень быстро высыхают, сильно уплотняются и образуются трещины. Аэрация таких почв должна сильно понизиться, следовательно они обедняются кислородом. При обильном ороше-

нии, особенно почв, имеющих водопроницаемую подпочву, может происходить вымывание (выщелачивание) части солей и питательных веществ (38). Наконец, вызывается заболачивание, поднятие уровня грунтовых вод, а вместе с ними различных вредных солей (39).

Все эти изменения в почве резко отзываются на самом растении, на его росте, развитии и структуре: задерживается прежде всего развитие корневой системы (40), вызывается преждевременное пожелтение листьев, задерживается созревание и резко снижается урожай (41).

в) Оптимальные нормы полива

Очень много было сделано попыток изучить влияние влажности почвы на урожай, как указано выше, с количественной стороны (работы Hellriegel, Wollny, Mayer, Seelhorst, Sanborn, Mills, Widtsol, Harris, Preul и многих других).

Общий вывод из этих работ: урожай растет вместе с влажностью почвы до известного предела, а затем падает.

Таблица 6

Влияние влажности почвы на общий урожай (по данным Mayer)

1891 г.			1892 г.				
Влажные почвы	Вес воздушно-сухого растения		Влажные почвы	Вес воздушно-сухого растения			
в % от полн. влагоемкости	пшеница	овес	в % от полн. влагоемкости	рожь	пшеница	ячмень	овес
35	0.9 г	0.8 г	20	0.45 г	0.2 г	0.3 г	0.2 г
60	0.98 "	2.2 "	38	1.70 "	0.9 "	1.8 "	0.7 "
80	1.0 "	3.6 "	55	2.0 "	1.2 "	2.7 "	2.2 "
90	1.7 "	2.8 "	75	2.60 "	1.6 "	2.2 "	2.5 "
95	1.6 "	1.9 "	90	2.0 "	1.67 "	1.9 "	2.9 "

Прянишников (42) в этом вопросе идет еще дальше. Он изучал влияние влажности на органы усвоения (листья) и нашел, что растение тратит то же самое количество сухого вещества на построение меньшей или большей площади листьев, смотря по тому, приходится ему экономить влагу и понижать испарение или же, наоборот, располагать избытком воды.

Таблица 7

Влияние влажности на органы усвоения
(по данным Прянишникова)

Влажность в %	Средн. площ. листа.	Средн. вес сухого листа	Вес 1 кв см.
50	47.1 см ²	0.64 г	0.0137 г
70	119.0 "	1.02 "	0.0086 "

Выше было отмечено, что урожай растет с влажностью почвы до известного предела. Эта связь многократно была констатирована тем положением, что растения тем больше расходуют влаги на 1 г сухого вещества, чем выше влажность почвы (42), (43) (табл. 8).

Таблица 8

По данным Прянишникова

Влажность почвы	10—20%	20—30%	30—40%	40—50%	50—60%
Расход воды на 1 г сухого вещества.	405 г	414 г	444 г	457 г	538 г

При большой влажности растения сильно кустятся, образуют большее число стеблей и колосьев. Поэтому, чем больше влажность, тем больше растения нуждаются в азоте и фосфоре для образования пропорционального количества зерна. Если почва недостаточно богата, то процентное отношение зерна к соломе неизбежно понизится; в обратном случае понижения может и не быть.

Влажность почвы, не переходящая пределов оптимума, не понижает отношения зерна к соломе, если растение находят в почве достаточно азота и фосфорной кислоты (42).

Интересную сводку в этом отношении привел Шумаков (22).

Таблица 9

Нормы и сроки полива яровой пшеницы Гирки и Гарновки на Сев. Кавказе (Моздокский опытно-мелиор. уч. (по данным Шумакова)

Сроки полива	Поливная норма		Оросительная норма		Урожай зерна в ц. на га	
	Гирка	Гарновка	Гирка	Гарновка	Гирка	Гарновка
Контроль	0	0	0	0	6.78	4.75
Полив — вы- ход в трубку	568	575.6	568	575.6	11.40	9.34
	1 074	1 044.5	1 074	1 044.5	18.39	11.15
	1 538	1 573.8	1 538	1 573.8	18.49	12.36

Как видно из приведенных данных, наивысший урожай получен при наибольшей из взятых оросительных норм, но повышение нормы от 1 000 м³ до 1 500 м³ дает лишь незначительное увеличение урожая по сравнению с увеличением его при повышении нормы от 500 до 1 000 м³.

Относительно оптимального количества воды для культурных растений многие авторы высказывали различную точку зрения. Hellriegel (44) считает, что влажность, отвечающая приблизительно половине влагоемкости почвы, является наилучшей; Wollny (45) находит, что для хлебов оптимум лежит при 40%; Mayer (46) для пшеницы — при 80%. Абсолютного оптимального гидро модуля, пригодного для полива данного растения во всех районах при всяких условиях, конечно нет (32).

По различным полям он будет изменяться в зависимости от уклона, от состава почв, от глубины залегания грунтовых вод и пр. На одном и том же поле количество поливной воды будет различно в разные годы — в зависимости от погоды, от способа орошения, от приемов обработки почвы, от применения удобрений, от чередования культур, от сорта растений и т. д.

Во многих случаях оптимальная оросительная норма выражалась, как уже отмечено, в количествах куб. метров воды на гектар.

Валуевская опытно-мелиоративная станция на основании своих опытных данных установила для яровой пшеницы оптимальную оросительную норму 2 000 м³, поливную (при 2 поливах)—1 000 м³, Уральская опытная станция—2 полива по 1 200 м³.

Нормы полива, выраженные в числовых единицах куб. метров, не могут быть положены в основу для разных годов, так как состояние почвенной влажности в зависимости от погоды и климата изменяется и следовательно потребность в воде будет иная.

Правильнее поэтому подошел к установлению нормы полива Соловьев (47), выражая ее в глубинах насыщения почвы водой. Одни и те же нормы насыщения почвы в разные сроки полива в зависимости от состояния почвенной влажности требовали различного количества воды. Так, для нормы насыщения на 70 см израсходовано при втором поливе 1 540 м³, при третьем — 1 030 м³. Таким образом применение норм полива в глубинах насыщения почвы водой позволяет, как отмечено выше, создать однородные условия в корнеобитаемом слое не только по отдельным периодам вегетации, но и по различным годам, что значительно облегчает сравнение результатов опытов.

Таблица 10

Сокращенная схема опыта с различными нормами поливов (по данным ВИЗХ)

Нормы полива в см		Полив затоплением.			
Сорт	1-й полив, конец ку- щения 6/VI	2-й полив, на- чало образ. зерна 27/VI	3-й полив, на- лив зерна 12/VI	Колич. воды за все по- ливы	Урожай зер- на в ц. на га
<i>Melanopus</i> № 069 . .	35 см	35 см	35 см	2 330	16.0
	35 "	70 "	70 "	3 360	16.7
	70 "	70 "	—	2 790	20.4
	100 "	100 "	35 см	4 110	21.5
	1 000 "	1 000 "	—	2 000	17.0

Лучшие результаты получены в том случае, когда в двухполивном варианте взято 70 см насыщения почвы в каждый полив. Хотя высший урожай получен при наибольшей норме полива, но прибавка в 1.5 ц. в данном случае потребовала дополнительно 1 320 м³ воды, что конечно не рационально.

Наилучшее отношение между зерном и соломой получено при норме полива 70 см (1:1.4); как уменьшение, так и увеличение нормы полива расширяют это отношение (1:1.5 и 1:1.6).

Данные Института физиологии растений Академии Наук СССР по Ершовскому опытно-оросительному участку (опыт 1934 г.) также показали большую эффективность нормы полива в 70 см насыщения почвы.

Сроки, количество и нормы поливов представляют собой единую неразрывную часть так называемого „правильного орошения“. Весь этот комплекс меняется в зависимости от климата, погоды, состояния влажности почвы, ее физико-химических свойств. Он должен сочетаться с закономерным чередованием поливов с засухой в связи со стадийностью в развитии растений, учетом наличия критических периодов и биологических особенностей данного растения. Только при этих условиях будет обеспечена наибольшая эффективность орошения.

IV. ОРОШЕНИЕ И КАЧЕСТВО ЗЕРЕН ПШЕНИЦЫ

Зерно пшениц является в высшей степени пластичным материалом, чрезвычайно отзывчивым по отношению ко всем внешним условиям. Оно отражает в себе всю совокупность влияния естественно-исторических факторов вместе с воздействием культурных приемов; легко реагирует на изменения атмосферы и почвенных условий соответствующими колебаниями как своего качества, так и количества урожая (48).

Особенно чутко реагирует белок зерна. Его содержание в зерне зависит от климата, почвы, удобрений, сорта, агротехники и других причин, из которых одни способствуют его повышению, другие уменьшению (49). Не будем касаться всех этих факторов; остановимся только на влиянии орошения. Из литературы хорошо известно, что под влиянием различного содержания влаги в почве растения изменяют химический состав отдельных частей. Еще в опытах Gain (50), Seelhorst (51), Mayer (46) показано, что с увеличением влажности почвы идет уменьшение содержания азотистых веществ в зернах пшеницы.

По данным *Seelhorst*

Влажность	Содерж. азота в зерне (в %)
Низкая	2.78
Средняя	2.42
Высокая	2.23

Прянишников (42), описывая опыты с пшеницей при различной влажности, но на одной почве и при одинаковых условиях освещения и температуры, утверждает, что переход от низкой к высокой влажности вызывает уменьшение содержания азота в зерне.

Влажность почвы	30%	40%	50%	60%	70%
Содержание азота в зерне	2.86%	3.0%	2.70%	2.60%	1.84%

Автор указывает что опыты эти еще не доказывают прямого и непосредственного влияния влажности. При этих опытах все сосуды содержат разные количества азота, но урожай в них получается неравный: чем больше влаги, тем урожай выше. Возможно поэтому, что зерна при большей влажности потому беднее азотом, что растению приходится образовать гораздо большее число (большую массу) зерен с тем же самым запасом азота в почве, как и при малой влажности.

Вопрос о качестве зерна пшениц в связи с орошением был также предметом широких исследований. Особенно много ценного материала, дающего достаточно ясную картину изменений в качестве зерна пшениц под влиянием полива, собрано опытными станциями Соединенных Штатов Америки.

Этими опытами установлено, что пшеница, выращиваемая при орошении затоплением, имеет сниженный процент белка по сравнению с пшеницей того же сорта на неполивной земле при одинаковых условиях года. Орошение изменяет заметно состав всего растения и его отдельных частей, причем это влияние сильнее всего сказывается на зернах, снижая в них процент белка.

Общий вывод всех многочисленных работ сводится к тому, что содержание белка пшениц под влиянием орошения изменяется в обратном отношении к количеству ирригационной воды. Однако это уменьшение, как показали работы Jones a. Colver (52), вначале при сравнительно небольшом и среднем количестве оросительной воды незначительно, но затем при даче воды свыше 1 фута процент белка резко падает.

Наконец в других работах, как например Haedden (53), Howard (54) Mangels (55), можно найти указание, что хотя пшеница с орошаемых участков во всех случаях действительно содержала меньшее количество белка, эта разница по существу была незначительна.

Но для каждого пункта нужно соответствующее регулирование орошения. Содержание белка, как и общий урожай зерна пшениц, во многом зависит прежде всего от сроков полива. По данным американских опытных станций очень ранний полив во время прорастания и кушения увеличивает урожай соломы и дает зерно плохого качества (56). Preul (17) в свое время указывал, что высокая влажность почвы к началу вегетации с последующим периодом сухости дает зерно с незначительным содержанием азотистых веществ. Дальнейшими работами

Удольской (18) установлено, что, наоборот, засуха в период кущения с последующим оптимальным увлажнением значительно увеличивает содержание азота в зерне.

Исследования Валуевской и Уральской опытных станций с применением двухполивной схемы показали, что снижение белка особенно увеличивается при несвоевременных поливах и грузных поливных нормах. По данным ВИЗХ для Валуевской опытной станции (опыт 1933 г.) при однополивной схеме более ранний полив дает больше снижения белка в зернах яровой пшеницы.

Таблица 11

Содержание белка в зависимости от сроков полива

Стадия развития	Стеблевание 1/VI	Выход в трубку 7/VI	Начало коло- шения 13/VI	Начало цве- тения 19 VI
% белка	12.03	12.08	12.48	15.48

Контроль (без полива) 15.56%

По данным Института физиологии растений Академии Наук СССР для Красно-Кутской опытной станции (1933 г.) и Ершовского опытно-мелиоративного участка (1934 г.) лучшей схемой полива оказалась двухполивная: первый полив в стадию начала стеблевания, второй—в стадию колошения при норме насыщения почвы на 80% от полной влагоемкости ее до глубины 50—70 см. Эти сроки оказываются лучшими не только в отношении качества зерен, но и урожая с количественной стороны. Поливы в другие сроки всегда давали худшие результаты. Так например, ранний первый полив в кущении при одном и том же сроке второго полива в колошении резко снижал процентное содержание белкового азота.

Таблица 12

Поливы	Сорт	
	<i>Erythro- spermum</i> № 081	<i>Melano- pus</i> № 069
а) Контроль (неполивный) . . .	2.25	2.50
б) 1-й полив — кущение плюс 2-й полив — колошение	2.14	2.08
в) 1-й полив — стеблевание плюс 2-й полив — колошение	2.77	2.45

Отрицательное действие оказывает также запаздывание со сроком второго полива, например:

Таблица 13

Поливы	Сорт	
	<i>Caesium</i> № 0111	<i>Melanopus</i> № 069
а) Контроль (неполивный)	2.54	2.50
б) 1-й полив — стебление плюс 2-й полив — колошение	2.50	2.45
в) 1-й полив — стебление плюс 2-й полив — начало налива зерен	2.11	2.06

Данные ВИЗХ также подтверждают это положение.

- а) Контроль (неполивный) 15.56
- б) 1-й полив — стебление (1/VI) плюс
2-й — образование пяточки (24/VI) 13.74
- в) 1-й полив — стебление плюс
2-й — молочн. спелость (7/VII) 11.57

Слишком растянутый межполивный период при раннем первом поливе и запоздалом втором, как отмечалось уже, создает неблагоприятные условия для нормальной жизнедеятельности растений, снижает их устойчивость к неблагоприятным действиям внешней среды. Такие сроки полива особенно неблагоприятно отразились на содержании белка в зерне.

Таблица 14

Поливы	Сорт	
	<i>Erythrospermum</i> № 0841	<i>Melanopus</i> № 068
	Белковый азот	Белковый азот
а) Контроль (неполивный)	2.25	2.50
б) 1-полив — кущение плюс 2-й полив — начало налива зерна	2.04	1.96
в) 1-й полив — стебление — 2-й полив — колошение	2.77	2.45

В случае применения трехполивной схемы орошения содержание белка по данным ВИЗХ было ниже, чем при двухполивной. Вообще же число поливов имеет сравнительно меньшее значение на изменение количества белка в зерне, но только в том случае, если они распределены во времени наиболее правильно для данных конкретных условий (табл. 15, по данным Валуевской опытной станции).

Таблица 15

Сорт № 069	Неполив.	1 полив	2 полива	3 полива
% белка	16.53	14.23	13.53	13.95

Также относительно меньшее значение имеют нормы полива. Результаты могут и не вполне соответствовать общему количеству орошаемой воды, что видно например из данных Уральской опытной станции.

Таблица 16

Влияние норм полива на качество зерен пшениц (по данным ВИЗХ)

Время и норма полива	Вес 1 000 зерен в г	Натур. зерна	% протеина
Полив в кушение 750 м ³	32.32	204.7	13.79
„ „ „ 1000 „	31.07	204.4	14.99
„ „ „ 1250 „	33.35	202.8	13.57
Полив в кушение плюс колошение			
„ „ „ „ 750 м ³	34.42	204.8	14.64
„ „ „ „ 1 000 „	35.35	204.4	14.12
„ „ „ „ 1 250 „	35.98	204.4	15.28

Таким образом все приведенные данные, касающиеся обычно арычного способа орошения — полива затоплением, с полной определенностью устанавливают понижение содержания белка в зернах пшениц. Это снижение варьирует в зависимости от сроков (главным образом), числа и нормы поливов. Лучшие результаты в условиях некоторых районов Заволжья в смысле высокого количественного и качественного урожая пшениц получены при двух поливах: первый — в стадии стеблевания, второй — в стадии колошения при норме насыщения почвы на 80% от полной влагоемкости ее до глубины 50—70 см.

Очень важную роль в изменении содержания белка в растении играет, как показали опыты Института физиологии растений Академии Наук СССР, способ полива.

К сожалению в агрономической литературе до самого последнего времени вопросу сравнительного изучения различных способов орошения — обычного, инфильтрационного и дождевания — уделялось совершенно недостаточное внимание.

Как правило все выводы по орошению пшениц касались лишь обычного способа орошения, в меньшей степени инфильтрационного и почти совершенно отсутствовали данные по дождеванию.

Институт физиологии растений Академии Наук СССР взял на себя инициативу сравнить между собой все эти способы. В течение 3 лет собран большой экспериментальный материал, позволяющий дать соответствующую оценку каждого из этих способов орошения. Еще раньше Гельцер (57) сравнивала влияние двух способов полива — инфильтрационного и затоплением — на питательный режим почвы и

урожай хлопчатника. Она отметила, что при инфильтрационном способе орошения наблюдается как повышенное содержание нитратного азота в почве, так и повышенное усвоение его растением. В результате этого повышается урожай и увеличивается процентное содержание азота.

Таблица 17

Процентное содержание азота в хлопчатнике (по данным Гельцер)

Объект исследования	26/VIII 1929 г.		13/VII 1930 г.		26/VIII 1930 г.	
	Инфильтр.	Затопл.	Инфильтр.	Затопл.	Инфильтр.	Затопл.
Листья	4.0	3.45	4.28	4.17	3.31	2.95
Стебли	1.17	1.12	1.81	1.74	0.85	0.71
Ядра семян	6.64	6.12	—	—	6.55	6.20

Как видно из приведенных данных, при способе полива затоплением по сравнению с инфильтрационным отмечается значительное снижение процентного содержания азота в хлопчатнике. Что же касается способа орошения дождеванием, то нами получены отчетливые данные, согласованные по многим сортам, в пользу дождевания. Дождевание почти во всех случаях, т. е. на пяти сортах, кроме одного *Melanopus* №069, дает повышение количества общего и белкового азота, а арычный — затоплением, наоборот, снижает. Приведем часть этих данных.

Таблица 18

Количество белкового азота в % (опыт 1934 г.)

Полевые опыты	Сорт			
	№ 010	№ 0189	№ 0841	Сарру-бра
Контроль (без полива)	3.27	3.36	2.90	3.09
Полив арычный . . .	3.15	3.04	2.72	2.56
„ дождеванием .	3.42	3.39	3.02	3.12

Поскольку инфильтрационный способ орошения значительно эффективнее арычного — затоплением, мы в 1935 г. поставили опыты в полевых и вегетационных условиях с целью сравнить инфильтрационный способ с дождеванием. Опыты были проведены на участке Куйбышевского сельскохозяйственного института (Кинель, Куйбышевского края) и дали следующие результаты.

Таблица 19

Количество белкового азота в % к сух. весу

Полевые опыты	<i>Hordeiforme</i> № 010	<i>Erythrosper-</i> <i>mum</i> № 0841
Контроль	3.56	2.72
Полив инфильтрацией	3.32	2.45
Полив дождеванием	3.57	2.50

Первый полив для обоих сортов произведен в стадию начала стеблевания, второй — для сорта 010 (нормальный срок) в колошение, для сорта № 0841 (запоздалый) — в фазу формирования зерна. Положительное действие капелькожидкой влаги (например искусственное обрызгивание, отсюда — дождевание) по мнению Набоких (58) заключается в том, что вода, смачивающая наземные органы, влияет на них в качестве изолятора от неблагоприятного парциального давления кислорода.

Кроме того на целом ряде экспериментальных данных Набоких показал, что в анаэробных условиях наступает резкая остановка роста, временное оцепенение (*Vacuumstarre*), продолжающееся не менее 4—6 часов.

Арычный способ затоплением, при котором вода всегда стоит некоторое время сплошным слоем, создает для корневой системы анаэробные условия, сопровождающиеся временно довольно сильным общим угнетением растений.

С другой стороны, в связи с белковым обменом в растениях представляют интерес работы Панкова (59), а также Залесского и Попова (60), изучающих влияние парциального давления кислорода на синтез белковых веществ в растениях.

В анаэробных условиях синтез белка хотя и наблюдается, но он значительно меньше нормального (59). По данным Залесского и Попова, (60) растения (луковицы) не образуют белковых веществ в отсутствии кислорода, причем безразлично, находятся ли они в воде или во влажном пространстве. В этих условиях происходит распад белковых веществ.

Таким образом кислород не только необходим для синтеза белковых веществ, но ослабляет и прекращает распадение их в растениях.

Весьма возможно, что дождевание, действуя как „изолятор от неблагоприятного парциального давления кислорода“ и смягчая микроклимат в травостое, создает благоприятные условия для соответствующего накопления белковых веществ сначала в листьях, а затем и в зернах. Проведенные Институтом физиологии растений Академии

Наук СССР в 1934—1935 г. физиологические исследования орошаемых пшениц дали обширный материал для обоснования процесса накопления у них белка в условиях различного увлажнения.

Таким образом наши опыты по орошению яровой пшеницы доказали, что регулированием сроков и количеством поливов безусловно можно добиться большого увеличения урожая (до 200—250%), сохранить при этом качество зерен пшениц, не снижая количества белка.

Больше того, можно получить зерна поливных пшениц с повышенным содержанием белка, применяя дождевание в определенные, оправдавшие себя сроки, правильно сочетая это с биологическими особенностями отдельных сортов и всем комплексом местных условий.

Способ полива дождеванием по всем показателям дал лучшие результаты по сравнению с обычным способом — затоплением.

Наконец нужно указать еще на одно важное обстоятельство, связанное со способом орошения дождеванием. Ведь не секрет, что многие считали невозможным производить дождевание днем, в солнечную жаркую погоду. Четырехлетние опыты Института физиологии растений Академии Наук СССР с дождеванием пшениц показали, что эти опасения совершенно напрасны и необоснованы; дождевание можно применять в любую погоду, не оказывая при этом никакого вреда растениям.

У. ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ С УДОБРЕНИЕМ НА УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ПШЕНИЦ

1. Урожай

Несомненно, что задача повышения урожая яровых пшениц не должна решаться только применением орошения. Полив должен сочетаться с правильными агротехническими приемами обработки, с установленным для данных местных условий правильным севооборотом и пр. И этого еще мало. Возможен дальнейший крутой подъем высококачественного урожая, если умело и рационально сочетать орошение с удобрением.

Из многочисленных исследований известно, что удобрения, повышая урожай сельскохозяйственных культур, изменяют в различной степени химический состав их зерен. Удобрения видоизменяют обычный ход роста растения и его состав, и эти изменения в свою очередь влияют на отзывчивость растения на окружающие условия (61). Так, фосфорнокислые удобрения стимулируют развитие корней на ранних стадиях развития растений, усиливают кущение зерновых хлебов. В более поздних стадиях роста эти удобрения ускоряют процесс созревания. Азотистые удобрения вызывают пышное развитие зеленой массы, сильно увеличивают размеры листьев и стеблей. Стебли при этом образуются очень неустойчивые, и пшеница при поливе почти

всегда полагается. В практике обычно прибегают к комбинированному применению фосфорнокислого удобрения с азотистым, что дает гораздо лучший эффект. Так например, вегетационные опыты Валуевской опытной мелиоративной станции для светлокаштановых почв Заволжья показали наилучшее действие при совместном внесении азотистого удобрения (сернокислого аммония) и фосфорнокислого (суперфосфата).

Таблица 20

Урожай зерна пшениц в г. на светлокаштановой почве (по данным Валуевской опытной мелиоративной станции 1930 г.)

Удобрение . . .	0	NPK	NP	NK	PK	N	P'
Урожай	4.16	22.65	23.13	20.36	3.91	22.44	3.62

Однако в условиях небольшой влажности почв азотистые удобрения сказываются очень мало (62). С увеличением влажности, под влиянием ли осадков или искусственного полива, если они благоприятно распределены во времени, чрезвычайно повышается эффективность азотистых удобрений. Переход от низкой к высокой влажности, как отметил Шредер (32), отзывается на удобрении, сильно повышая его действие.

Таблица 21

Общий урожай хлопчатника (по данным Шредера)

Удобрения	Низ. влажн.	Сред. влажн.	Выс. влажн.
	(800 г воды на сосуд)	(1 600 г воды на сосуд)	(2 400 г воды на сосуд)
Без удобрения . . .	7.6	13.9	31.4
Сернокислый аммоний	7.3	26.7	54.5
Сернокислый аммоний плюс суперфосфат .	12.4	34.5	116.0

Валуевская опытная станция, ставя опыты также на фоне различной влажности в процентах от капиллярной влагоемкости, сравнивала урожай пшеницы с удобрением (сернокислый аммоний плюс фосфорнокислый натрий) и без него.

Таблица 22

Урожай зерна пшеницы (в г на сосуд) (по данным Валуевской опытной станции)

Влажность . . .	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
Урожай без уд.	1.6	2.34	3.22	4.24	4.26	4.20	4.38
„ с уд.	2.03	4.37	6.40	10.33	16.86	20.32	22.86

Удобрения тем лучше используются, чем выше влажность почвы, и отсюда вполне понятно, что наивысшие результаты можно получить при совместном действии орошения с удобрением.

Опыты Института физиологии растений Академии Наук СССР в 1934 г. на Ершовском опытно-мелиоративном участке, а также бригады ВИЗХ в тех же условиях установили, что совместное применение удобрений с орошением может дать в наши руки могучее средство получения высоких урожаев пшениц.

Так, по опытам ВИЗХ, в Ершове на темнокаштановой почве при внесении суперфосфата—90 кг действующего вещества на га и 80 кг сернокислого аммония получены такие результаты (63):

1. Контрольная (неполивная без удобрен.)	10.5 ц
2. Двухполивная неудо́ренная	24.0 „
3. Двухполивная удобренная 90 кг суперфосф. и 50 кг сернокисл. аммония перед посевом плюс 30 кг сернокислого аммония перед 1-м поливом (полив через 7 дней после кущения и через 7 дней после колошения)	37.10 „

Опыты Института физиологии растений Академии Наук СССР с применением удобрений с орошением, но при других сроках и вариантах, дали еще больший эффект, что будет показано ниже.

В последнее время особенно много внимания уделяется технике внесения удобрения, несомненно играющей большую роль в значительном повышении эффективности последних. Если отдельные части этого важного вопроса, как например форма, состав удобрений, эффективность различных доз, вариирование сроков дачи, отыскание лучших способов внесения, достаточно освещены в литературе, то в общем комплексе на фоне орошения они требуют еще большей доработки. Целый ряд исследователей (64, 65, 66, 67, 68) показал, что растения в одинаковой степени могут пользоваться как нитратным, так и аммиачным азотом. Прянишников (67) обращает большое внимание на свойства почв, от которых в большой степени зависит результат азотистых удобрений. Например на почвах с избытком оснований, с склонностью к щелочной реакции или если почва содержит труднорастворимые фосфаты, лучшие результаты получаются при даче сернокислого аммония; кроме того разница последнего по сравнению с селитрой еще в том, что аммиак хорошо поглощается почвой, вследствие чего он не подвергается вымыванию (пока не произошло превращение аммиачного азота в нитратный, благодаря нитрификации). Поэтому при обильном орошении предпочитают аммиак. В условиях Заволжья по данным местных опытных станций и Института физиологии растений Академии Наук СССР наиболее эффективным является совместное вне-

сение фосфорнокислых и азотистых удобрений. Что же касается доз внесения удобрений, то работы Валуевской опытной станции показывают, что хорошие результаты получаются при норме азотистых и фосфорнокислых удобрений от 60 до 90 кг на га. Увеличение доз азотистых удобрений вызывает как правило большую полегаемость пшениц.

Однако эффективность удобрений зависит еще от сроков и способов применения (фиг. 2). Вопрос об оптимальном сроке внесения



Фиг. 2. Влияние различных способов орошения и удобрений на рост, развитие и урожай яровой пшеницы № 0841 (общая схема вегетационного опыта): 1 — контроль (неполив.), 2 — дождев. неудобр., 4 — дождев. удобр. $P_{90} N_{30}$ перед посевом + $N_{60}SO_4$, 6 — дождев. P_{90} посев + N_{45} (1-й полив) + N_{45} (2-й полив) SO_4 , 7 — дождев. P_{90} посев + N_{45} (1-й полив) + N_{45} (2-й полив) NO_3 , 8 — дождев. P_{90} посев + N_{60} (2-й полив) NO_3 , 9 — дождев. NPK

удобрения зависит от той конкретной цели, которую мы преследуем, применяя удобрение, от характера удобрений (69), от почвенно-климатических условий, от биологической особенности растений и пр. Мы исследовали действие двух форм азотистого удобрения — сернокислого аммония и селитры — и нашли, что сравнительные результаты прямо противоположны в зависимости от сроков внесения удобрений. Сернокислый аммоний действует лучше при более раннем его внесении, что видно например из наших данных 1934 г. для каштановых почв (Ершово). Азот во всех случаях внесен на фоне суперфосфата, данного целиком перед посевом.

Таблица 23

С о р т	Полив арычный				
	Без удоб- рений	Азот пе- ред посе- вом	Азот перед посевом плюс нач. стебл. (1-й полив)	Азот перед посевом плюс коло- шен. (2-й по- лив)	Азот весь в колошен. (2-й полив)
<i>Erythrospermum</i> № 0841	27.50	41.76	40.60	37.82	28.26
<i>Melanopus</i> № 069	23.0	35.29	33.64	33.48	28.84

Однако не следует упускать из виду и метеорологических условий, оказавших свое влияние на характер такого действия удобрений. Весь май был исключительно сухой и жаркий, почва была поэтому значительно иссушенная. При таком состоянии вряд ли могло быть полное использование азота растениями в ранний период своего развития.

Выпавшие в конце месяца осадки, совпавшие с периодом окончания кущения, в значительной степени повысили действие азота, благодаря чему резко увеличилась энергия кущения, густота стояния; эти осадки положительно отразились на развитии репродуктивных органов. По той же причине сказалась большая эффективность внесения азота перед посевом (50 кг) плюс в стадии начала стеблевания (30 кг) перед первым поливом. Гораздо большее снижение урожая получилось, когда весь азот внесен был перед вторым поливом. Азот вызвал развитие большого числа подгонов, за счет которых значительно был снижен урожай.

Что же касается нитратного удобрения селитрой, то, как показали наши вегетационные опыты



Фиг. 3. Влияние орошения и удобрения на урожай яровой пшеницы: 1 — контроль (неполивн. неудобр.), 4 — поливн. дождеванием, удобр., 5 — поливн. инфильтрацией. Удобрение: суперфосфат и сернокислый аммоний Р 90 N 30 (посев) + № 60 (2-й полив)

в Кинеле (черноземные почвы) с засухоустойчивой пшеницей мягкой формы *Erythrospermum* № 0841 (раннеспелый сорт), действие селитры весьма различно по сравнению с сернокислым аммонием (фиг. 5).

Таблица 24

Влияние селитры в зависимости от сроков внесения на урожай

Сорт № 0841	Урожай зерна на сосуд	
	в г	в %
1. Контроль (без полива и без удобрений)	8.84	100
2. Поливы дождеванием (без удобрений)	19.0	215.0
3. Поливы дождеванием удобр ¹ .Р ₉₀ (перед посев.) + N ₄₅ (1-й полив) + + N ₄₅ (2-й полив)	30.29	344
4. Полив дождеван., удобр. Р ₉₀ (перед посев.) + N ₉₀ (2-й полив) . .	36.88	417

Другой сорт твердой пшеницы, позднеспелый (незасухоустойчивой формы), *Hordeiforme* № 010 дал при более раннем внесении 376.2% увеличения урожая, а при позднем 292.4%.

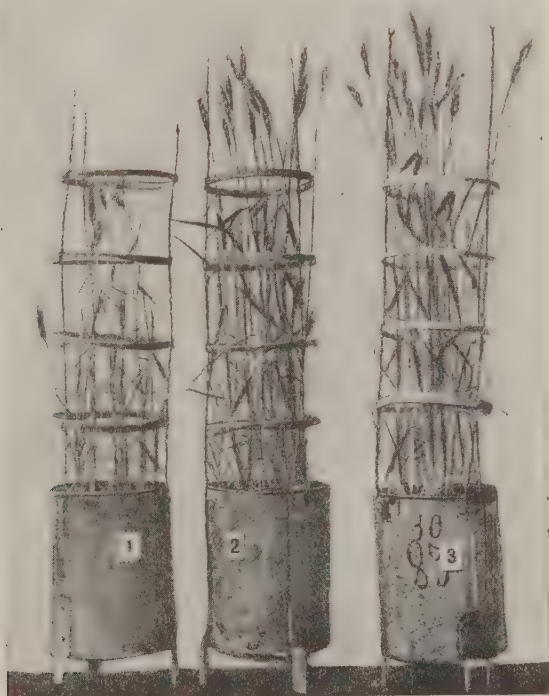
При подведении общих итогов установлена наибольшая эффективность не разового внесения азотистого удобрения, а дробного, по частям—приурочиванием их к определенным стадиям развития растений. Это имеет особое значение для увеличения белковости зерен пшениц.

При дробном внесении аммиачных удобрений устраняется вредная высокая концентрация аммиака в первые периоды развития, а в случае внесения (периодическом) нитратов, последние более полно используются растениями благодаря меньшей их потере от вымывания (70). Большая маневренность дробного внесения позволяет нам приурочивать внесение нитратных удобрений к моменту максимального поглощения нитратного азота и тем самым значительно повышать урожай. В этом отношении, большие преимущества остаются за способом орошения дождеванием, при котором представляется возможным вносить вместе с поливной водой растворенные удобрительные вещества, легко маневрируя со сроками внесения. Внесение же азотистых удобрений в растворенном виде, благодаря лучшему распределению, дает выс-

¹ На каждый сосуд было взято: суперфосфата 6 г, чилийской селитры 5.5 г. и сернокислого аммония 4.5 г. Расчет количества указанных удобрений в таблице сделан в кг на 1 га.

шие результаты, чем в сухом поверхностном (71). Другие способы орошения—арычный и инфильтрационный, как показали опыты Института физиологии растений Академии Наук СССР в 1935 г., оказались менее эффективными, чем способ дождевания (фиг. 2, 3, 4).

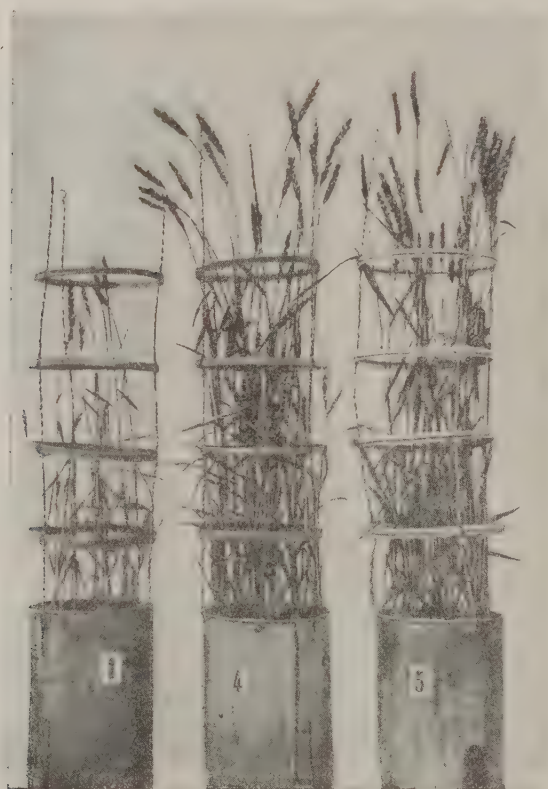
Очень высокие показатели может дать гнездовой способ внесения удобрения (69).



Фиг. 4. Влияние различных способов орошения на рост, развитие и урожай яровой пшеницы № 0841 (вегет. опыты): 1—контроль (неполив.), 2—полив. дождеванием, 3—полив. инфильтрацией

При этом способе азот и калий смешивались с землей при посеве, а фосфор вносился (тоже при посеве) в углубления-гнезда, сделанные на глубину 7 см. по обе стороны семени на расстоянии 5 см. Очевидно, как отмечает Сабинин, самый факт соприкосновения корневой системы с очагом концентрированного одностороннего удобрения в определенный момент жизни предопределяет в значительной мере последующее развитие отдельных органов и распределение питательных веществ. Такая большая эффективность гнездового способа внесения

объясняется по мнению Сабинина необыкновенной динамичностью в реагировании растений на удобрения в первые дни жизни. Момент воздействия очага туков должен быть не слишком близким к началу прорастания. Поэтому гнезда, ленты, рядки удобрений следует помещать на известном расстоянии сбоку от семян.



Фиг. 5. Влияние удобрений на рост, развитие и урожай яровой пшеницы № 0841 (вегет. опыты): 1 — контроль (неполив), 4 — удобрен. полив. дождеванием, 5 — удобрен. полив. инфильтрацией. Удобрение: суперфосфат и сернокислый аммоний $P_{90} N_{80}$ (посев) + N_{60} (2-й полив)

В соответствии с этим большое значение имеет глубокая заделка удобрения (фосфорнокислых), что способствует отодвиганию момента встречи корней и туков на несколько дней, пока корневая система не проиждет слой почвы толщиной 15—20 см и за это время не изменится радикальным образом реагирование растения на растворимые туки. Растение должно подвергнуться действию концентрированных очагов фосфатов все же в ранних стадиях развития. Значи-

тельный интерес представляет работа Dulley (72), показавшего большие преимущества машинного способа внесения удобрений.

Таблица 25

Урожай зерна пшеницы в бушелях на акр
(по данным Dulley)

О п ы т	Разброской	С заделкой
Суперфосфат	18.37	27.16
Смешан. удобр. 2-12-2 (N—2 %, P ₂ O ₅ —12 %, K ₂ O—2%). Контроль 11.90	15.00	22.75

Наиболее рациональным при машинном способе, по опытам Бобко (73) надо считать расположение удобрения двумя лентами по обе стороны от семян на некотором (10—20 мм) расстоянии от них.

2. Содержание белка

Многими работами, как например Preul (17), Show (74), Harris (75), Ames (76), Neiding (77), Morphy (78) и другими, вполне определенно доказано, что удобрения, в первую очередь азотистые, увеличивают содержание белка в зернах пшениц.

Таблица 26

Азот зерен пшениц в % (по данным Ames)

Делянки:	1902 г.	1904 г.	1905 г.	1906 г.	1907 г.	1908 г.
а) получившие азотистые удобрения	2.53	2.15	2.60	2.40	2.25	2.00
б) неудобренные	2.26	2.09	2.33	2.10	1.92	1.77

Эта эффективность еще больше повышается в условиях орошаемого хозяйства. Если на фоне удобрения применять орошение с различной нормой воды, например 1, 2, 3 фута на акр за вегетационный период, то наблюдается, как отмечено опытами Hoedden (79), постепенное увеличение белка в зернах пшеницы по мере увеличения влажности: 10.55%—10.81%—11.93%, при контроле — неудобренной — 10.52%.

Результаты исследований Уральской опытной станции, Валуевской, Всесоюзного института зернового хозяйства (ВИЗХ), а также и опыты

Института физиологии растений Академии Наук СССР показали, что совместное применение орошения с удобрением может дать высококачественное зерно наряду с высоким урожаем. По данным Валуевской станции применением азотистого удобрения сернокислого аммония с орошением (два полива: 1-й полив начало выхода в трубку, 2-й — образование зерна) и без него дали такие результаты:

Таблица 27

О п ы т	Протеин (в %)	
	неудобрен.	удобрен.
Контроль (без полива)	17.84	17.56
Поливная	16.47	18.64

Однако более детальные исследования Института физиологии растений Академии Наук СССР показали, что и в этом случае способ орошения имеет существенное значение: дождевание занимает преимущественное положение не только перед способом орошения затоплением, но и перед инфильтрационным. Во всех случаях удобренная пшеница на фоне дождевания имела зерно наивысшего качества.

Таблица 28

Сравнительное влияние способа дождевания и затопления (арычного) на химический состав зерна (белковый азот в проц. к сух. вещ., опыт 1934 г.)

Полевой опыт	С о р т					
	№ 069	№ 010	№ 0189	№ 0841	№ 0341	Сарпубра
Контроль	2.94	3.27	3.36	2.90	3.05	3.09
Удобр. полив. арыч. . . .	3.14	3.36	3.40	3.14	3.16	2.72
„ „ дожд. . . .	3.32	3.73	3.64	3.36	3.28	3.65

Дальнейшие наши работы 1935 г. в Кинеле (Куйбышевский с.-х. институт) по сравнительному изучению способа дождевания с другим способом — инфильтрационным — дали следующие результаты:

Таблица 29

Сравнительное влияние способа дождевания и инфильтрационного на химический состав зерна (белковый азот в проц. к сух. весу)

Опыт <i>Hordeiforme</i>	№ 010
Контроль	3.08
Удобр. полив инфильтрац	3.54
Удобр. полив дождеванием	3.79

Способ полива дождеванием по своей эффективности, как видно из приведенной таблицы, имеет бесспорные преимущества перед инфильтрационным.

Сравнительно мало еще изучены вопросы эффективности удобрений под яровую пшеницу при поливе в зависимости от сроков и норм внесения этих удобрений. Качество зерна может быть значительно улучшено, если в соответствии с местными почвенно-климатическими условиями правильно установлены во времени сроки дачи удобрений. Изменение сроков внесения азотистых удобрений отражается на распределении азота в растении между листьями, стеблями и репродуктивными органами, на его внутреннем использовании растением (69). При более позднем внесении азота репродуктивные органы получают значительно большую часть, чем при даче перед посевом. В соответствии с этим применение азотистого удобрения в последнюю стадию развития, например при колошении, приводит к повышению стекловидности зерен пшеницы и увеличению в них азота (71, 80, 81).

Однако это утверждение нельзя распространить на все формы азотистого удобрения. Если этот вывод целиком оправдывается в случае применения селитры, то в отношении труднорастворимого сернокислого аммония этого сказать твердо нельзя, что видно из результатов наших опытов в Кинеле (Куйбышевский с.-х. институт) по изучению влияния различных форм и сроков внесений азотистого удобрения.

Таблица 30

Влияние различных форм и сроков внесения азотистых удобрений на содержание белкового азота (в проц. к сух. весу)

Сорт	Контроль (без полива, без удобрения)	Поливы дождеванием					
		Не удобрен	Чилийская селитра		Сернокислый аммоний		
			Р 90 кг перед посев. + N45 кг (1 полив) + N45 (2-й полив)	Р 90 (перед посев. + N90 (2-й полив)	Р 90 N30 перед посев. + N60 (2-й полив)	Р 90 (перед посев.) + N45 (1 полив) + N 45 (2-й полив)	Р 90 (перед посев.) + N45 (2-й полив)
<i>Hordeiforme</i> № 010	3.56	3.58	3.72	3.76	3.63	3.61	3.53

Но самые лучшие результаты по нашим опытам получены при дробном внесении азотистых удобрений на фоне фосфорнокислого, что также отмечено и другими исследователями. Исключительно высокое качество зерна получено в результате работ Поповой и Куколкина (82) при дробном внесении сернокислого аммония в условиях вегетационного опыта — суперфосфат + $\frac{1}{4}$ сернокислого аммония — посев + $\frac{1}{4}$ аммония — кушение + $\frac{1}{2}$ аммония — цветение.

Применение наряду с этим гнездового способа внесения удобрений по опыту Мининой и Некрасова (83) может дать новый стимул к повышению качества зерна пшениц, достигающего, по их данным, 27% белка против 14.65% у удобренной. Чтобы яснее видеть преимущества дробного внесения азотистого удобрения (сернокислого аммония) приведем результаты работ 1934 г. (во всех случаях фосфорнокислое удобрение — суперфосфат внесен перед посевом в количестве 90 кг на га).

Таблица 31

Количество белкового азота (в проц. к сух. весу) в зависимости от сроков внесения азотистого удобрения

Опыты	Сорта пшеницы			
	№ 010	№ 0189	№ 0841	Сарпубра
Контроль (без полива)	3.27	3.36	2.90	3.09
Удобен. — весь азот перед посевом	3.23	3.22	2.98	2.86
Удобен. — весь азот перед 2-м поливом (колошение)	3.32	3.28	3.00	2.92
Удобен. — дробное внесение	3.36	3.40	3.14	3.16

Таким образом применение различных удобрений (суперфосфата и сернокислого аммония) способствует значительному поднятию качества зерна пшениц и увеличению урожая. И в этом случае большие показатели были получены на удобренных делянках, орошаемых дождеванием. Наибольший эффект оказался при дробном внесении азотистого удобрения в два срока: а) при посеве и перед вторым поливом (колошение), б) при первом поливе (начало стеблевания) и перед вторым (колошение).

Не только азот минеральных удобрений, но и бобовые культуры, введенные в севооборот, оказывают в качестве зеленого удобрения большое влияние на состав зерна, резко увеличивая его белковость. В США зеленое удобрение корневыми бобовыми в поливной культуре имеет большее распространение, чем минеральное. Наиболее эффективно, как показывают опыты, на поливных землях действуют соли фосфорной кислоты на фоне азота бобовых. Последние заменяют азотистые удобрения, улучшают структуру почвы и очищают ее от сорных трав (56), стимулируют нитрификационную способность почв.

К сожалению, у нас еще мало уделено внимания факторам севооборота в поливной культуре, изучению роли азота бобовых в улучшении качества зерна поливных пшениц и тех возможностей, которые позволяют нам широко использовать бобовые в качестве ценных удобрений.

Абсолютный вес зерен

По данным американских опытных станций (84), а также Валуевской и Уральской, по исследованиям Прянишникова (42) и нашим зерна поливных пшениц всегда несколько крупнее, тяжеловеснее, их абсолютный вес выше. Нужно только и здесь соблюдать установленный гидромодуль. Ранний первый полив (кушение) почти не изменяет абсолютного веса зерен. Полив в стеблевании при однополивном, а также и двухполивном варианте увеличивает заметно их вес. Как показали опыты, хорошее, полновесное зерно получается при двухполивной схеме полива: 1-й полив — в начале стеблевания, 2-й в колошении — налив зерна.

Что же касается удобрений, то из них азотистые в некоторых случаях даже уменьшают вес зерна. Особенно это отражается при более ранних сроках внесения азота. Абсолютный вес зерна сохраняется на прежней высоте, если применять дробное внесение азотистых удобрений на фоне фосфорнокислого.

Сортовые особенности

При сравнении разных сортов, произраставших в одинаковых внешних условиях культуры, выделяются некоторые из них большей своей продуктивностью. Зависит это от индивидуальных свойств самого растения, его функциональной способности накапливать при определенных условиях больше или меньше белка, давать тот или иной урожай. Различия в химическом составе отдельных сортов, выросших в одном и том же поле, связаны с их ранне- или позднеспелостью, благодаря чему эти сорта в разное время образуют свои органы и получают почвенный азот в различном количестве, в виду колебания его в почвах от целого ряда причин (85). Проведенные в течение ряда лет Институтом физиологии растений Академии Наук СССР исследования со многими сортами яровой пшеницы показали, что их поведение, отзывчивость на полив и удобрение весьма различны.

Твердые формы пшениц более отзывчивы на орошение и удобрение чем мягкие, но среди каждой из них в отдельности встречаются сорта, весьма далеко отстающие друг от друга. Если взять не абсолютные данные, а самый характер реагирования на полив, то можно указать на два сорта, особенно отличающихся по своим химическим качествам.

Таблица 32

Количество белкового азота (в проц. к сух. весу)

Опыт	<i>Erythrospermum</i> № 0841	<i>Melanopus</i> № 069
Контроль (не поливн. не- удобрен.)	2.90	2.94
Полив арычный	2.72	2.36
Полив дождеванием . .	3.02	2.86

Из исследуемых сортов лучшими при поливе оказались: 010, 0189, 0841, 0341 и наихудшим 069. Но при внесении удобрений на фоне орошения выделяются твердые формы пшениц: 010, 0189, 069.

Наша задача заключается в том, чтобы получать пшеницу не только с хорошим устойчивым урожаем, но и с высоким содержанием белка. В процессе детального изучения пшениц в поливных условиях надо иметь в виду тщательный отбор пшениц с большим количеством белка и гибридизацию их с высокоурожайными сортами.

Заключение

1. Химический состав и в частности содержание белка отдельных сортов пшениц изменяется под влиянием всей совокупности особенностей окружающей среды, главным образом, климата почвы.

2. Так как орошение совершенно изменяет водный режим и вместе с этим общий водный режим питания, то оно в первую очередь является могущественным средством подчинения человеческой воле хода развития растения.

3. Вопреки распространенному утверждению об отрицательном влиянии ирригации на химический состав зерна пшениц, проведенное Институтом физиологии растений Академии Наук СССР сравнительное изучение действия арычного способа орошения и дождевания установило положительное влияние последнего на качество и количество урожая.

4. Главным условием эффективности орошения является правильное установление гидромодуля. Для практического применения график гидромодуля должен быть детально разработан со стороны периодичности и высоты в строгой координировке с биологическими особенностями отдельных сортов и всем комплексом местных условий; нашими работами установлены наиболее оправдавшие себя в местных условиях два срока полива дождеванием: первый — в стадии начала стеблевания; второй — в стадии полного колошения при норме насыщения почвы на 80% полной влагоемкости ее до глубины 50—70 см.

5. Одним из способов дальнейшего повышения белковости зерна и урожайности является комбинированное применение удобрения с орошением. Но и здесь преимущество остается за дождеванием. Наилучшие результаты в этом случае получены при дробном внесении азотистого удобрения первый раз перед посевом, второй — перед вторым поливом в стадии колошения; или другой вариант: первый раз перед первым поливом (начало стеблевания) и второй — перед вторым поливом (колошение). При этом репродуктивные органы растения получают значительно большую часть азота, что может способствовать накоплению белка в зерне. Формы азотистых удобрений — сернокислый аммоний и чилийская селитра — по своему действию почти не отличаются друг от друга.

6. Отдельные сорта пшениц одинаковых условий произрастания обладают способностью давать несколько больше белка по сравнению с другими.

В процессе изучения пшениц в поливных условиях надо иметь в виду тщательный отбор сортов с учетом всех особенностей поведения в данных условиях.

Установлено, что два сорта: *Erythrospermum* № 0841 и *Hordeiforme* № 010 являются наиболее отзывчивыми на положительное действие дождевания в условиях места проведения опыта (Красный Кут, Ершов). Наконец сорт Саррубра, отзываясь резко положительно на дробное внесение удобрений, отличается весьма положительным качеством — неполегаемостью в условиях поливной культуры.

Вопрос о широком развитии гибридизации для выращивания высокобелковых и урожайных сортов пшениц должен быть поставлен в ряд важнейших задач селекционных станций.

Институт физиологии растений.
Академия Наук СССР.
Москва.

ЛИТЕРАТУРА

1. Максимов, Социалистическое зерновое хозяйство, № 1 1935.
2. Костяков, Основы мелиорации, ГИЗ, Москва, 1933.
3. Гельцер, Научно-исслед. хлопк. ин-т, вып. 43, 1931.
4. Кононова и Сикстель, Научно-исслед. хлопк. ин-т, вып. 3/15, 1930.
5. Вестник ирригации № 7, 1928, Ташкент.
6. Костяков, Мелиорация и торф, № 4, 1932; Основы мелиорации, ГИЗ, Москва, 1933; Изв. гидротехн. и мелиор., бюлл. № 2, 1933.
7. Тулайков, Орошение и зерновое хозяйство Заволжья, Изд. Ак. Наук, СССР 1934.
8. Ризенкамф, Основы ирригации, Изд. научно-мел. ин-та, 1925.
9. Рихтер, Вестн. Акад. Наук СССР, Москва, № 1, 1935.
10. Броунов, Сельскохоз. журн., янв., 1897.
11. Молибога, Труды прикладной ботаники, т. XVII, вып. 2, 1927.
12. Ильин, Журн. опытно-агроном. ю.-вост., т. III, вып. 1, 1927.
13. Коломиец, Докл. Акад. Наук СССР, № 5—6, 1934.
14. Новиков, Труды Комиссии по ирригации Академии Наук СССР, вып. 3, 1934.
15. Туманов, Труды прикладной ботаники, т. XVI, вып. 4, 1916.
16. Максимов, Труды прикладной ботаники, т. XXV, вып. 3, 1930—31.
17. Greul, Jourh. Landw., Bd. 56, 1908, 228—277.
18. Удольская, Доклады Акад. Наук СССР, № 1, 1934.
19. Зайцев, Вестн. ирригации, Ташкент, № 1, 1929.
20. С.-х. вестник ю.-вост., № 11, 1915; реф. авт. Журн. опытно-агрон., т. XVI, кн. 6, 1915.
21. Косматов, Краткий обзор сост. работ и паросил. станц. Валуевской с.-х. милиорат. станции, Покровск, 1930.
22. Шумаков, Из работ Сев.-Кав. опытно-мелиорат. станции, Изд. НКЗ, 1929.
23. Труды ВИЗХ, т. V, 1935.
24. Итоги работ ВИЗХ за 1933 г., Саратов, 1934.
25. Соловьев, Доклады Акад. Наук СССР, т. IV, № 5—6 1934.

26. Петин Н. С., Доклады Акад. Наук СССР, т. II, № 6, 1934; т. I, № 1, 1935.
27. Простаков и Алпатов, Обзор опытно-оросит. иссл. в борьбе с засухой. Гос. ин-т по изучению засушливых областей. Новочеркасск, 1929.
28. Бушинский, Материалы по изучению агрономич. условий Семипалатинской области, т. I, вып. 2, 1916.
29. Панфилов-Данилевич, Сборник статей — Роль орошения в зерновом хоз-ве. Сельхозгиз, 1932.
30. Kezer a. Robertson, Journ. Am. Soc. Agr., v. 19, № 2, № 10, 1927.
31. Бородина, Труды Научно-исслед. хлоп. ин-та, вып. 23, 1930.
32. Шредер, Изв. Турк. с.-х. опытной станции, вып. 5, 1913.
33. Тулайков, Изв. Саратовской обл. с.-х. опытной станции, т. III, вып. 1—2, 1921, вып. 3—4, 1932.
34. Ильин, Журн. опытно-агрон. ю.-вост., т. III, вып. 1, 1927.
35. Соловьев, Доклады Акад. Наук, т. IV, 1934.
36. Колотова, Труды приклад. бот., т. XXVII, № 5, 1931.
37. Стебут, Сельскохозяйств. вестн. ю.-вост., №№ 15, 16, 17, 18, 1914.
38. Костяков, Основы мелиорации, ГИЗ, Москва, 1933.
39. Шумаков, Гос. ин-т с.-х. мел., изд. ГИСХМ, 1929.
40. Красовская, Труды приклад. бот., т. XV, № 5, 1926.
41. Haggis, Cornell. Agr. Exp. Sta., Bull. № 146, 1916.
42. Прянишников, Журн. опытно-агрономии, № 1, 1900.
43. Widtsoe a. Stewart, Utah. Sta., Bull. 119, 169—199, 1912.
44. Hellriegel, Naturwissenschaft. Grundlagen des Ackerbaues, 1883.
45. Wollny, Fortschr. auf dem gebieteder Agriculturphysik, 1883.
46. Mayer, Journ. f. Landw., Bd. 46, 1898.
47. Соловьев, Доклады Акад. Наук СССР, вып. 4, 1934. Итоги работ ВИЗХ за 1933 г., Саратов, 1934.
48. Щукина, Научно-агрономический журнал, № 2, 1929.
49. Фляхсбергер, Соп. растениеводство, № 2, сер. А, 1932.
50. Gain, Call. Exp. Sta., Bull. № 146, 1916.
51. Seelhorst, Journ. f. Landw., Bd. 52, 1898.
52. Jones a. Colver, Univ. of Idaho Agr. Exp., Sta. Bull. № 109, 19, 18; B. 103, 1918.
53. Haedden, Agr. Exp. Sta., Bull. 219, 1916.
54. Howard, Mem. of the Dep. of Agr. in India, 5, 49, 1913.
55. Mangels, Agr. Exp. Sta., Bull. 191, 1925.
56. Вавилов, Отд. оттиск. Труды приклад. бот., № 10, 1933.
57. Гельцер, Научно-исслед. хлопковый ин-т, вып. 43, 1931.
58. Набоких, Временный анаэробиз высших растений, С-Петербург, 1905.
Его же, К вопросу о раздражителях роста, Одесса, 1908.
59. Панков, Журн. опытно-агрон., т. XVII, вып. 5, 1916.
60. Залесский и Панфилов, Журн. опытно-агрон., т. XVII, вып. 5, 1916.
61. Рёссель, Питание растений и урожайность, Сельхозгиз, 1931.
62. Morgan, Am. Soc. Agr., 3, 1911.
63. Тулайков, Ирригация Заволжья, изд. С.-х. Акад. наук, Москва, 1935.
64. Мазэ, Журн. опытно-агрон., т. V, 1901.
65. Коссович, Журн. опытно-агрон., т. XIII, кн. 2, 1912.
66. Шулов, Журн. опытно-агрон., т. XIII, кн. 2, 1912.
67. Прянишников, Журн. Русск. бот. о-ва, 8, 1923, Агрохимия, Сельхозгиз, 1934.
68. Меллер, Биологич. журн. СССР, т. XVIII, № 4, 1933.
69. Сабинин, Химизация соп. землед., № 4—5, 1934.
70. Anderson a. Swandback, Conn. Agr. Exp. Sta., Bull. 1929, 299.
71. Davidson a. Le Clerc, Journ. Amer. Soc. Agr., 9, 1917.
72. Dulle, Journ. Amer. Soc. of Agr., № 6, v. 22, 1930.

73. Бобко, Химизация совхозного земледелия, № 4—5, 1934.
74. Schow, Univ. of Calif. Pub. in Agr. Sc. 6—3, 1913.
75. Harris, Cornell, Agr. Exp. Sta. Bull. 352, 1914.
76. Ames, Цитир. по Иванову, Труды прикл. бот., т. XXI, вып. 4, 1923—1929.
77. Neiding, Idaho Agr. Exp. Sta., Bull. 1, 1922.
78. Murphy, Journ. Amer. Soc. Agr., 22, № 9, 1930.
79. Haedden, Cal. Agr. Sta., Bull. № 224, 1918.
80. Meertbaur, Цит. по журн. опытно-агрон., 1911 стр. 433.
81. Gericke, Journ. Agr. Research, 31, 1925.
82. Попова и Куколкина, рукопись.
83. Минина и Некрасов, рукопись.
84. Stewart a. Hirst, Idaho, Agr. Exp. Sta. Bull. 125, 1913.
85. Иванов, Труды прикладн. бот., т. XXI, вып. 4, 1928—1929.

N. S. PETINOV. WEIZEN-IRRIGATION IM TRANSVOLGAGEBIET

ZUSAMMENFASSUNG

1. Die chemische Zusammensetzung, insbesondere der Eiweissgehalt der einzelnen Weizensorten verändert sich unter dem Einfluss der ganzen Gesamtheit der Umgebungsverhältnisse, hauptsächlich von Klima und Boden.

2. Da die Irrigation den Wasserhaushalt und damit den allgemeinen Wasserhaushalt der Ernährung von Grund aus ändert, so ist sie vor allem ein mächtiges Mittel, den Entwicklungslauf der Pflanze dem menschlichen Willen unterzuordnen.

3. Entgegen der verbreiteten Ansicht über den negativen Einfluss der Irrigation auf die chemische Zusammensetzung des Weizenkornes hat die vom Pflanzenphysiologischen Institut der Akademie der Wissenschaften der UdSSR durchgeführte vergleichende Untersuchung des Einflusses der Aryk-Bewässerung und des künstlichen Regens einen positiven Einfluss des letztern auf Qualität und Quantität der Ernte nachgewiesen.

4. Hauptbedingung einer effektiven Irrigation ist vor allem die richtige Bestimmung des Hydromoduls. Zum Zweck praktischer Anwendung muss das Graphikum des Hydromoduls in ihrer Periodizität und Höhe detailliert ausgearbeitet werden, unter strenger Berücksichtigung der biologischen Eigentümlichkeiten der einzelnen Sorten und des ganzen Komplexes der örtlichen Verhältnisse. Unsere Arbeiten haben gezeigt, dass unter den örtlichen Verhältnissen zwei Zeitpunkte der Bewässerung mittels künstlichen Regens sich am meisten bewährt haben:

der erste — bei Beginn des Stengeln,

der zweite — im Stadium des vollen Ansetzens

der Ähren bei einer Norm der Bodensättigung von 80% ihrer vollen Feuchtigkeitskapazität bis zu einer Tiefe von 50—70 cm.

5. Ein Verfahren zur weiteren Hebung des Eiweissgehaltes im Korn, sowie der Ernte selbst, besteht in einer kombinierten Anwendung von Düngemitteln und Bewässerung. Auch hier hat künstlicher Regen den Vorzug. Die besten Resultate werden in diesem Fall durch teilweise Ein-

führung stickstoffhaltiger Düngemittel erzielt: ein erstes Mal vor der Aussaat, ein zweites Mal vor dem zweiten Begiessen beim Ansetzen des Ähren; oder eine andere Variante: das erste Mal vor dem ersten Begiessen (Beginn des Stengelns), das zweite vor dem zweiten Begiessen (Ansetzen der Ähren). Hierbei wird den Reproduktionsorganen der Pflanze ein bedeutend grösserer Teil des Stickstoffs zugeführt, was die Aufspeicherung von Eiweiss im Korn begünstigen kann. Die verschiedenen Formen der Stickstoffdüngemittel — schwefelsaures Ammonium und Chilesalpeter weisen in ihrer Wirkung nahezu keinen Unterschied auf.

6. Einzelne Weizensorten haben die Eigenschaft, unter gleichen Wachstumsbedingungen etwas mehr Eiweiss zu erhalten, als die übrigen Sorten. Bei der Prüfung der Weizensorten unter den Verhältnissen der Irrigation muss eine sorgfältige Auslese der Sorten unter Berücksichtigung aller Eigentümlichkeiten ihres Verhaltens in den gegebenen Verhältnissen ins Auge gefasst werden.

Es wurde festgestellt, dass an zwei Sorten: *Erythrospermum* № 0841 und *Hordeiforme* № 010 der positive Einfluss künstlichen Regens unter den örtlichen Verhältnissen (in Krasnij Kut, Erschov) am meisten zutage tritt. Endlich zeichnet sich die Sorte *Sarrubra*, die auf stufenweise Einführung der Düngemittel stark positiv reagiert, durch eine sehr wertvolle Eigenschaft aus: in den Verhältnissen der Irrigationskultur findet kein Lagern statt.

Das Problem weitgehender Hybridisation zum Zweck der Züchtung eiweissreicher und erntereicher Weizensorten muss den wichtigsten Aufgaben der Selektionsstationen zugerechnet werden.

В. Ф. АЛЬТЕРГОТ

О ПРИЧИНАХ ГИБЕЛИ РАСТЕНИЙ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

(Представлено академиком А. А. Рихтером)

В противоположность общепринятому взгляду, что причиной гибели растений при высоких температурах является коагуляция белков, автор опытным путем устанавливает, что в тканях растений идет при возрастании температуры накопление аммиака, превышающее контроль в 4—9 раз. В образовании аммиака принимают участие амиды и другие соединения небелкового азота. Токсические вещества, образующиеся в нормальных тканях растений, экстрагируются водой при 40—45° С и в больших концентрациях (1:50) действуют угнетающе на рост проростков того же самого растения. При воздействии возрастающей температуры (от 25—50° С) концентрация этих токсинов в растении повышается. В то же время при высоких температурах увеличивается и проницаемость плазменной оболочки, что содействует отравлению клетки. Таким образом гибель растений в естественных условиях постепенного возрастания температур происходит вследствие их аммиачного отравления.

Начиная с классических исследований Сакса (20) принято считать, что причиной гибели растений при высоких температурах является свертывание белков плазмы. Лепешкин (10, 11, 12) видит причину тепловой смерти в распадении нестойкого белково-липоидного комплекса и коагуляции плазменных коллоидов. Сравнивая свои данные по исследованию зависимости температуры коагуляции от времени воздействия у растительной клетки с аналогичными исследованиями Buglia (2) над неорганизованными белковыми золями, автор приходит к мысли, что причиной отмирания клетки при длительном воздействии на нее несмертельной температурой также является коагуляция.

Нет оснований сомневаться в том, что причиной гибели растений при внезапном воздействии смертельной температуры является коагуляция. Однако в естественных условиях вегетации растений подобные скачки температур от оптимальных к смертельным могут быть только в виде исключений. Обычно мы видим постепенное возрастание температурной кривой в течение дня, с колебаниями в сторону падения; часто все возрастающими кривыми характеризуются несколько следующих друг за другом дней.

Автору настоящей статьи неоднократно приходилось наблюдать за воздействием все возрастающих температур в течение нескольких часов на растение, помещенное в светлый термостат при достаточном увлажнении почвы. Вегетативные органы быстро теряют тургор, подвядают, приобретают густо зеленую окраску, производя впечатление инфильтрированных, и гибнут при температуре, значительно ниже той, которая в среднем считается критической (по Саксу 50°C). Так пшеницы в подобных условиях, при возрастании температуры до $38-40^{\circ}\text{C}$, погибали в течение 6—8 час. тогда как коагуляция плазмы, о которой можно судить по резкому увеличению проницаемости плазменной оболочки, наступала в среднем при $48-50^{\circ}\text{C}$. Аналогичную внешнюю картину страдания и гибели растений при сравнительно не высоких температурах в естественных условиях отмечает Н. А. Хлебникова (22).

На основании изложенных фактов и наблюдений трудно согласиться, что смерть растений в естественных условиях при действии высоких температур имеет своей непосредственной и единственной причиной коагуляцию. Последняя является скорее актом, завершающим отмирание растительной клетки в результате нарушения нормального хода обмена веществ.

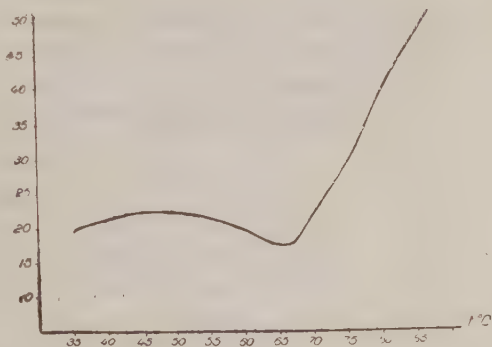
Наши современные представления о строении живой материи связаны с признанием наличия особой неравновесной структуры, характеризующейся определенным энергетическим потенциалом (3,15), и всякое угнетение живой системы внешним неблагоприятным фактором ведет к понижению этого потенциала. так же, как в случае неживой системы под действием времени (18) к смещению неравновесной структуры в состояние равновесия (3). Вполне очевидно, что при наличии внешнего фактора — высокая температура, — приводящего к снижению свободной энергии системы и выделению энергии во вне (13, 14, 15), преобладающими биохимическими процессами будут процессы гидролиза и распада, знаменуя собой наступление патологического состояния клетки. С этой точки зрения находят себе объяснение общеизвестные процессы гидролитического распада при действии другого неблагоприятного внешнего фактора — пониженных температур.

О гидролизах при высоких температурах свидетельствуют данные Н. А. Хлебниковой (22). В жаркие часы дня растения характеризовались повышенным содержанием растворимых углеводов и накоплением аминного азота. Кажется более вероятным, что в естественных условиях длительного воздействия возрастающих температур гибель растения происходит в результате угнетения накапливающимися ядовитыми продуктами распада.

Нижеследующий опыт служит подтверждением вышесказанного о несовпадении начала гибели растительной клетки при высоких температурах с наступлением коагуляции плазмы. В специально сконструирован-

рованной установке, основанной на принципе термопары, учитывалось выделение тепловой энергии суспензией пивных дрожжей низового брожения, подверженных воздействию возрастающей температуры от 35 до 85° С. Фиг. 1 изображает кривую выделения тепловой энергии суспензией живых дрожжей в сравнении с предварительно убитыми дрожжами (контроль) в различных интервалах температур в показаниях зеркального гальванометра. Поскольку опытные (живые) дрожжи подвергаются одновременному прогреванию в различных интервалах температур, постольку кривая (фиг. 2) выражает собой разницу в выделении тепловой энергии живыми и мертвыми дрожжами при различных температурах (ось абсцисс) в относительных показаниях зеркального гальванометра (ось ординат).

*Отклонения
зеркального
гальванометра*

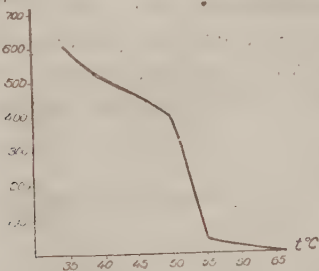


Фиг. 1

В качестве биологического контроля служил следующий опыт: суспензия живых дрожжей прогревалась в водяной бане¹ при температуре, возраставшей со скоростью 5° в 5 мин. (скорость нагрева та же, что и в первом опыте). При температурах 35, 40, 45, 50, 55, 60° и т. д. отсевались пробы в среду Гайдука и производился подсчет камерой Thoma-Zeiss'a. Колбы с дрожжами помещались в термостат при 30°C на 24 часа, после чего подсчет производился вновь. Фиг. 2 изображает кривую прироста дрожжевых клеток в зависимости от прогревания.

Кривая фиг. 1 дает некоторый подъем с максимумом при 45—50°, что, возможно, стоит в связи с усилением процесса самоброжения, и лишь при 65° дает резкий подъем. Кривая фиг. 2 обнаруживает резкое падение при 55°. Следовательно, в то время как коагуляция плазмы происходит в интервале 65—85°, гибель дрожжевых клеток наступает при 55°. Косвенным указанием на прекращение жизнедеятельности

*Прирост дрожжевых
клеток*



Фиг. 2

лишь при 65° дает резкий подъем. Кривая фиг. 2 обнаруживает резкое падение при 55°. Следовательно, в то время как коагуляция плазмы происходит в интервале 65—85°, гибель дрожжевых клеток наступает при 55°. Косвенным указанием на прекращение жизнедеятельности

¹ Подробное описание аппарата будет дано в специальной работе.

дрожжевых клеток служило также и появление гнилостных бактерий в оставленных колбах с дрожжами, выдержанными при температурах 60° С и выше.

Данные прироста сведены в табл. 1.

Таблица 1

Прогревание °С.		Количество дрожж. клеток		Прирост за 24 часа		Наличие гнилостных бактерий
от	до	после прогре- вания	спустя 24 часа	клеток	%	
30	35	89	680	591	664	Отсутствуют
35	40	102	622	520	509	"
40	45	102	564	462	458	"
45	50	89	487	398	447	"
50	55	94	112	18	19	Незначительное
55	60	62	68	6	9	Обильное
60	65	113	115	2	1	"
65	70	68	68	0	0	"
70	75	140	139	0	0	"
75	80	68	68	0	0	"
80	85	76	75	0	0	"
85	90	65	65	0	0	"

Пробы, выдержанные при 60—65°, 65—70° и выше, подвергались вторичному пересеву в свежую среду Гайдука. Счет после 24 часов не показал прироста. Следовательно прекращение роста не являлось простой задержкой, а служило указанием на отмирание клеток.

Из анализа кривых фиг. 1 и 2 и табл. 1 следует, что отмирание растительной клетки наступает значительно раньше коагуляции ее плазменных коллоидов.

Накопление токсических веществ при высоких температурах и их отравляющее действие

Двухнедельная культура пшеницы (чистая линия 274) в ящиках с почвой при достаточном увлажнении выдерживалась в течение 8 час. в светлом термостате при возрастающей температуре от 25 до 50° С. с постоянной влажностью почвы. Погибшие растения срезались, фиксировались сухим жаром при 100—110° С. Контроль—растения, не подвергнутые действию высокой температуры, также фиксировались. Из высушенного при 60° С и измельченного материала приготавлилась водная вытяжка 1:30. Настаивание на водяной бане при 40—45° С в течение 1.5—2 час. Полученные вытяжки отфильтровывались и

подвергались стерилизации кипячением. У двухсуточных проростков той же пшеницы измерялась сумма длин корешков трех проростков. Затем они подвергались центрифугации в вытяжках опытной (T) и контрольной (K) в течение 3, 6 и 10 мин. После центрифугации проростки переносились на дистиллированную воду в стаканчиках, накрытых парафинированной марлей, для дальнейшего роста. Учет ядовитости введенного центрифугацией раствора производился измерением темпа роста корневых систем (19). Промеры производились вновь спустя два дня. Зависимость темпа роста корешков от степени насыщенности ткани вытяжками дана в табл. 2.

Таблица 2

Продолжительность центрифуг. в вытяжках K и T	Начальная длина в мм	Конечная длина в мм	% удлинения
3 $\begin{cases} K \\ T \end{cases}$	130	157	20.8
	132	142	7.7
6 $\begin{cases} K \\ T \end{cases}$	110	122	10.9
	122	131	7.4
10 $\begin{cases} K \\ T \end{cases}$	159	173	8.8
	144	144	0

С целью устранения вредного воздействия центрифугации опыт был повторен с некоторыми видоизменениями.

Четырехдневные проростки той же пшеницы выращивались в вытяжках K и T различной концентрации в термостате при температуре 28°C под колпаком. Вытяжки менялись каждые 8 час.

Условные обозначения к табл. 3 и 4.

W — проростки на дистилл. воде

$K:100$ „ „ контрольн. вытяжке в разведен. 1:100

$T:100$ „ „ опытной „ „ „ 1:100

$T:1000$ „ „ „ „ „ „ 1:1000

Таблица 3

Концентрация вытяжки	Начальная длина в мм	Конечная длина в мм	Прирост в мм	% удлинения
W	221	291	70	31.7
$K:100$	204	263	59	28.9
$T:100$	238	266	28	11.8
$T:1000$	250	326	76	30.4

Казалось интересным повторить опыт, введя несколько добавочных разведений. Условия приготовления вытяжки те же. Объект — трехдневные проростки пшеницы *Lutesc.* 329. Выращивание на свету при комнатной температуре $+22^{\circ}\text{C}$ в течение 3 дней со сменой вытяжек через каждые 8 час.

Таблица 4

Концентрация вытяжки	Начальная длина в мм	Конечная длина в мм	Прирост в мм	% удлинения
W	436	697	261	59.9
K:50	354	404	50	14.1
T:50	332	366	34	10.2
K:100	307	474	167	54.4
T:100	396	506	110	27.8

Данные табл. 2, 3 и 4 позволяют заключить следующее: в тканях растительного организма при высоких температурах идет накопление токсических веществ, на что указывает снижение темпов роста корневых систем в опытных вытяжках ($T:50$ и $T:100$) против контрольных ($K:50$ и $K:100$). Сравнение темпов роста на контрольных вытяжках ($K:50$ и $K:100$) с ростом на дистиллированной воде указывает на то, что и в нормальных тканях эти токсические вещества имеются, вызывая в больших концентрациях угнетения ($K:50$) и в слабых — стимуляцию. Следовательно ткани больного растения отличаются от тканей здорового количеством образовавшегося токсина, и его губительное действие становится понятным, если принять во внимание резко увеличивающуюся проницаемость плазменной перепонки при высоких температурах.

Смещение амидности растения и накопление аммиака при воздействии высоких температур

Казалось весьма вероятным, что одной из причин наступления патологического состояния отравления является накопление промежуточных и конечных продуктов распада белковой молекулы. О накоплении одного из конечных продуктов распада азотистых соединений — аммиака — при углеводистом голодании, анестезии, автолизах и других патологических явлениях в клетке имеется обширная литература (4, 6, 17, 21). Lüdke и Achmed (9) высказали предположение, что естественное подвядание растений, возможно, также зависит от образования растением вызывающих подвядание веществ (Welkstoffe). Kleini и Steiner (7) обнаружили выделение свободного аммиака и летучих аминов листьями

и цветами в естественных условиях вегетации (в количестве 100—200 мг на 100 г свежего веса). Образование и выделение аммиака и аминов увеличивалось при подвядании и особенно в жаркие периоды лета. Возможность накопления аммиака при высокой температуре и его участие в отравлении растительного организма в условиях большой проницаемости плазмы для иона NH_4 (1) и большой ядовитости этих ионов для зеленого растения (8) казались вполне очевидными. Попутно с исследованием опытных растений на аммиак был произведен анализ изменения амидности, как одно из возможных условий его образования.

Сообразно с поставленной задачей были подобраны объекты исследований и условия их подготовки к опыту.

Семена конских бобов (*Vicia Faba* L.), гороха (*Pisum sativum* L.), фасоли (*Phaseolus vulgaris* L.), подсолнуха (*Helianthus annuus* L.) и прорастающие клубник артофеля (*Solanum tuberosum* L.) выращивались в темноте при 13—15° С в глиняных сосудах с прокаленным и промытым песком при достаточном увлажнении. В условиях этиоляции указанные растения по Wehmer'у (5) характеризуются следующим химизмом.

Vicia Faba L. накапливают главным образом аспарагин; сок, отжатый из этиолированных проростков бобов, при автолизе образует значительное количество аммиака.

Phaseolus vulgaris L.—аспарагин, аминвалериановая, фениламинопропионовая, иногда аспарагиновая и янтарная кислоты; ксантин, гипоксантин.

Pisum sativum L.—много пептона, аспарагин, холин, тирозин, лейцин, фенилаланин и др.

Helianthus annuus L.—глютамин, аспарагин (вместе 4,05%), лецитин, нуклеин.

Solanum tuberosum L.—соланин (2.35—3.62% сухого веса), соланин, аспарагин (2.9% сухого веса).

Часть этиолированных растений на 15—18-й день после высадки помещалась в темный термостат с температурой 40—42° С. Подсыхание почвы не допускалось. Контрольные оставались при температуре 13—15° С тоже в темноте.

Опытные растения уже спустя 8—10 час. сильно изменяли внешний вид: ослаблялась пигментация, побеги как бы напивались водой, при дальнейшем прогревании поникали, бурели и гибли. Затем растения как опытные, так и контрольные срезались, фиксировались сухим жаром при 100—110° С и досушивались при 60° С. В измельченном в порошок материале шло определение аммиака методом Lange и амидов методов Sachsse и Vikery (23).

В табл. 5 приведены данные анализа. Аммиак^a и амиды вычислены в мг на 1 г сухого веса проростков.

Таблица 5

Объект	Выдержка при температуре ° C	Колич. аммиака в мг на 1 г сух. веса пророст- ков	Количест. амидов в мг на 1 г сух. веса проростков
Конские бобы (<i>Vicia Faba L.</i>) . . .	40—42	7.23 (469)	63.5 (42)
"	13—15	1.54 (100)	149.56 (100)
Фасоль (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) . .	40—42	8.34 (906)	51.28 (49)
"	13—15	0.92 (100)	104.01 (100)
Горох (<i>Pisum sativum L.</i>)	40—42	6.98 (664)	60.22 (57)
"	13—15	1.05 (100)	105.03 (100)
Подсолнух (<i>Helianthus annuus L.</i>) . .	40—42	5.37 (447)	15.28 (50)
"	13—15	1.20 (100)	30.33 (100)
Картофель (<i>Solanum tuberosum L.</i>) .	40—42	8.32 (693)	14.77 (63)
"	13—15	1.20 (100)	23.33 (100)

Из данных табл. 5 следует, что в тканях опытных растений идет накопление аммиака в количествах, превышающих контроль в 4—9 раз. Одновременно идет снижение содержания амидов в среднем на 50%. Очевидно в образовании аммиака принимают участие и другие соединения небелкового азота, наличие которых указано в вышеприведенной характеристике.

Выделение растением свободного аммиака при высоких температурах

Исследования Klein и Steiner (7) заставляют предполагать, что процесс выделения свободного аммиака, обнаруженный ими у нормальных растений, должен резко усилиться при воздействии высоких температур.

Срезанные листья 20-дневной пшеницы *Lutescens* 329 помещались в воду под колпаком, через который просасывался аспиратором воздух. Выделяющийся аммиак улавливался титрованной серной кислотой. Опытные растения помещались вместе с колпаком в термостат при температуре 33—40° C на 5 час., в течение которых и учитывалось количество выделенного аммиака. Контроль—та же пшеница при комнатной температуре в 15° C. Количество аммиака выражено в мг на 1 г сухого веса листьев в течение 5 час. опыта. Наличие аммиака в поглотителе устанавливалось реакцией Несслера.

Опытные растения—0.2 мг аммиака на 1 г сухого веса в течение 5 часов.

Контроль—едва обнаруживаемые количества.

Данные настоящего исследования позволяют заключить, что гибель растений в естественных условиях постепенного возрастания температур происходит вследствие аммиачного отравления.

Гос. университет,
Саратов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арциховский и Шелякина., Изв. Акад. Наук СССР, 1916.
2. Буглиа (G. Buglia) — „Üb. d. Hitzegerinnung von flüssigen u. festen organ. Kolloid“. ZS. f. Chem. u. Industr. d. Kolloide, B. 5—6, 1903.
3. Бауэр Э. С. Общая теория живой материи, Проблема „живого белка“, Архив биологич. наук, т. XXXV, серия „А“, вып. 1, 1934.
4. Буткевич В. С., Пергессивный метаморфоз веществ в растениях, 1904.
5. Вемер (C. Wehmer), Die Pflanzenstoffe, Bd. I и II, 1931.
6. Кизель А. Р. (A. Kiesel). ZS. f. physiologisch. Chem., 60, 453, 1903.
7. Клейн и Штейнер (G. Klein u. M. Steiner), Stickstoffbasen im Eiweissabbau höherer Pflanz-Jahrbuch f. wiss. Bot., Bd. 68. H. 4., 1928.
8. Лев О. (O. Loew), Ein natürlich. System. d. Giftwirkungen, Stuttgart, 1893.
9. Lüdke M. u. Achmed, H., „Üb. einen pflanzlichen Welkstoff“. Bioch. ZS. B. 257, H. 4—6, 1933.
10. Лепешкин В. В. (W. W. Lepeschkin), Zur Kenntniss d. Einwirkung supramaximal. Temperaturen auf die Pflanze“, Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. XXX, 1912.
11. Лепешкин В. В., Z. Kenntniss d. Todesursache, Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. Bd. XXX, 1912.
12. Лепешкин В. В., Ub. physikalisch-chem. Ursachen. d. Todes., Biol. Zentralblatt, Bd. 48, 4—8, 1926.
13. Лепешкин В. В., „Neurobiotische Strahlen“ (Vorläufige Mitteil.), Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. I., H. 7, 1932.
14. Лепешкин В. В., Der thermische Effekt d. Todes, Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., B. XLVII, H. 9. 1928.
15. Лепешкин В. В., The Thermic Effekt of Death and Hemo'yysis, The Amer. Journ. of Physiol., vol. XCV, № 2, 1930.
16. Оппенгеймер К., Химические основы жизненных процессов, Биомедгиз, 1934.
17. Прянишников Д. Н., Аммиак, как альфа и омега обмена азотистых веществ в растениях, Москва, 1916.
18. Планк М., Термодинамика, 1925.
19. Рихтер А. А. и Гречушников А. И., К вопросу о физиологических процессах, лежащих в основе гибели озимых хлебов от „выпревания“ или „задушения под ледяной коркой“, Отд. оттиск, Изв. Акад. Наук СССР, 1932.
20. Сакс Ю., Руководство к опытной физиологии растений, изд. ред. Цабеля, СПб, 1867.
21. Сухоруков К. Г. и Бородулина Н. А., К азотистому обмену алкалоидных растений, Изв. Акад. Наук СССР, 1932.
22. Хлебникова Н. А., „К физиологии плодовых и огородных культур“. Стойкость плодовых и огородных культур к высоким температурам в условиях орошения Астраханской Западной станции. Акад. Наук СССР, Труды Комиссии по ирригации, вып. 3, 1934.
23. E. Abderhalden, Handb. d. Bioch. Arbeitsmethoden, 1912.

V. ALTERGOTT. ON THE CAUSES OF THE DEATH OF PLANTS AT HIGH TEMPERATURES

SUMMARY

This investigation was devoted to an examination of the causes of the death of plants at high temperatures. A number of investigators of this problem considered coagulation of the plasma proteins to be cause of the death of plants: but this can be positively affirmed only in regard to the rare cases of sudden action of high lethal temperatures.

Under natural conditions of plant growth, however, such leaps of temperatures normally do not occur. There usually occurs a gradual rise of temperature during the followed by intermittent decrease.

Observations of wheat, placed in a light thermostat, show that the plant dies before its plasma coagulates, i. e. already at 38—40° C, while the coagulation usually occurs at 48—50° C. Hence it is obvious that this coagulation is not the cause of the death but only the closing act.

Modern conception of the structure of living matter are associated with the recognition of the existence of a non-equilibrium structure having a definite energy potential, which decreases under the influence of all external factors depressing the living system. The high temperatures, as well as the low ones, are just such factors. They cause a decrease and an emission of the free energy of system. Under such conditions, hydrolysis and desintegration set in, resulting in the accumulation of toxic products which depress the plant. To confirm this an experiment was made with a suspension of beer yeast of bottom fermentation heated to a temperature 35—85° C. Measurements of the heat energy omitted by the yeast were made by means of a special apparatus (thermo-couple and mirror galvanometer) and the accompanying observations have shown that the death of cells occurs long before the coagulation of its plasmic colloids.

Other experiments on wheat made for the purpose of studying the accumulation of toxic substances at high temperatures and of their poisoning effects have established the following: at high temperatures there occurs in plant tissues an accumulation of toxins, the influence of which was measured by the decrease in growth of the root system. It was found that tissues of ill plants, as well as those of healthy ones, contain toxins, but in much greater quantities; the pernicious effect of the toxins is easy to understand, if the marked increase in permeability of the plasmic membrane at high temperatures will be considered.

During succeeding experiments the chemism of the plant under the effect of high temperatures was studied, important changes having been found, as compared with the controls.

The essence of these changes consists in a shifting of the acidity of the plant and in a accumulation of ammonia exceeding 4—9 times the normal, which evidently leads to the death of the plant.

It can therefore be established that the cause of the death of plants at high temperatures lies not in the coagulation of the plasma proteins but in the poisoning of the plants by the ammonia which accumulates in them and attains lethal quantities long before the coagulation of proteins occurs.

П. К. ИВАНОВ**О ДИАГНОСТИКЕ МОРОЗО- И ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ
РАСТЕНИЙ ПО СЕМЕНАМ***(Представлено академиком А. А. Рихтером)*

Морозо- и засухоустойчивость, исследованные на фоне стадий развития растений, — от семени до семени — позволяют заключить о некоторых закономерностях в связи свойств семян со свойствами растений. В частности автор устанавливает прямую корреляцию между морозоустойчивостью семян и засухоустойчивостью растений. В такой же тесной связи стоят между собой жаростойкость проростков и засухоустойчивость растений. Обнаруженные закономерности действительны однако только в пределах родственных биологических групп. Исследованные морозоустойчивость семян и жаростойкость проростков вскрывают наследственные свойства растений, могущие быть использованными в селекционных целях при подборе пар для скрещивания.

Сельское хозяйство СССР несет ежегодно миллионные убытки от недобора урожая в связи с засухой и зимне-весенней гибелью озимых. Перед научно-исследовательскими учреждениями стоит чрезвычайно ответственная и сложная работа по изысканию методов борьбы с этими бичами сельского хозяйства. Нужно сказать, что в направлении изучения природы явлений зимо- и засухоустойчивости к настоящему времени проведена довольно большая работа. Но если эта работа наметила отправные пункты для познания сущности явлений, то она пока весьма мало дала указаний практическому сельскому хозяйству для выработки мер борьбы с ними. Поэтому дальнейшая разработка вопросов зимо- и засухоустойчивости растений, в тесной связи с возможностью активного вмешательства в управление этими свойствами, продолжает оставаться актуальной и на сегодняшний день. Рассмотрение этих явлений с точки зрения теории стадийного развития растений, разработанной Т. Д. Лысенко и блестяще примененной на практике в приеме яровизации, уже вносит большую ясность в понимание сущности зимо- и засухоустойчивости. С этой точки зрения нет зимо- и засухоустойчивого растения как такового вне конкретных условий произрастания. По данным свойствам сорта могут только в определенных условиях иметь известные отличия. С изменением усло-

вий их места в ряду засухо- и зимостойкости будут изменяться. Так например, озимая пшеница Лютесценс 269 в условиях закалки растений при низких температурах значительно превосходит по морозоустойчивости Кооператорку, при закалке же сухостью почвы Кооператорка сильно повышает свою морозостойкость, а Лютесценс нет и разница между ними сглаживается (1, 2). Точно так же отношение к засухе и морозам у двух сравнимых видов или сортов растений будет изменяться не всегда в одном и том же направлении на различных стадиях индивидуального развития их. Так, И. Н. Васильев (3) при исследовании засухоустойчивости у пшениц нашел, что приспособленные к засушливым условиям сорта Китченер 8500 и Маркиз 8493 оказались менее чувствительными к почвенной засухе, созданной в период после цветения, чем засухоустойчивые сорта — Самарская 85, Грекум 8083.

В то же время недостаточное водоснабжение в течение всего периода вегетации почти полностью сгладило разницу в поведении различных сортов. И наконец в условиях высокого напряжения атмосферных факторов (высокая температура, низкая влажность воздуха) наиболее сильно страдают именно незасухоустойчивые сорта. Подобные примеры не являются исключением.

Рассматривая засухо- и зимостойкость как продукт взаимодействия генетических свойств растений с условиями существования их, необходимо и изучение этих свойств вести с учетом стадийного развития растений.

Только познав закономерность изменения из стадии в стадию зимостойкости и засухоустойчивости у отдельных видов и разновидностей, можно сознательно подойти к подбору родительских пар при выведении новых сортов с более высоким проявлением этих свойств.

Одним из этапов в развитии семенного растения является образование семян. Семя, вернее зародыш его, есть носитель того наследственного основания, в котором запечатлелась как вся предшествующая история генотипа, так и конкретные условия существования данного генотипа. В семени заложены, как бы в законсервированном виде, потенциальные возможности проявления тех или иных свойств и качеств растения. Поэтому и теоретически, и практически представляет большой интерес изучение этих потенциальных возможностей в самых начальных стадиях прорастания семени, чтобы потом установить известную связь между свойствами семени и свойствами растения в последующих стадиях его развития.

Изучение зимо- и засухоустойчивости до сего времени шло главным образом на растениях и притом без учета стадий их развития.

Изучение морозо- и засухоустойчивости непосредственно на семенах или начальных стадиях их прорастания не пользовалось соответствующим вниманием. Туманов (4) например утверждает, что определение морозоустойчивости сортов на проростках менее надежно, так

как при этом помимо степени развития проростка играет роль еще ряд других особенностей семян. „Чувствительность к низким температурам различных органов проростка была весьма различна: у одних сортов погибли только корни, у других стебли, заметить какую либо закономерность в этом отношении не удалось“. В другом месте он говорит: „Определение морозоустойчивости молодых проростков озимых пшениц показало трудность определения устойчивости различных сортов в таком возрасте. Морозоустойчивость их сильно зависела от температуры проращивания. Проростки яровой пшеницы обладали значительно меньшей устойчивостью, чем проростки озимой пшеницы“; Прежде всего в этом последнем утверждении уже устанавливаются две закономерности в морозоустойчивости: во-первых, зависимость ее от температуры проращивания и от озимости или яровости растения во-вторых, если при промораживании проростков неодинаково ведут себя отдельные органы их, то ведь подобное же явление наблюдается и у всходов озимых растений. Таким образом, сомнения Туманова в целесообразности изучения морозоустойчивости на семенах не являются в полной мере убедительными. Ведь не меньше оснований для таких сомнений имеется и при прочих определениях, производимых на растениях. М. Т. Тимофеев (5) приводит данные, характеризующие противоречивость результатов, получаемых при определении морозоустойчивости различными косвенными методами (по сухому веществу в соке растений, по количеству связанной воды) и прямым замораживанием. Имеется, правда, весьма много данных иного порядка, дающих основания применять эти методы, хотя и с известными оговорками. Многочисленные попытки установить связь между различными морфологическими, анатомо-физиологическими и химическими особенностями (химический состав растений, величина клеток, плотность колоса, окраска его, опушенность листьев и пр.) растений, взятых в отдельности, и их засухоустойчивостью и морозоустойчивостью при тщательной проверке не подтвердились (6, 7, 8, 9, 10, 11, 12).

Таким образом несмотря на усиленные поиски ни один из предложенных косвенных методов определения морозоустойчивости не в состоянии дать достаточно точных данных. Поэтому наиболее верным считается метод прямого замораживания растений в специальных холодильных камерах. Но и этот метод, имея ряд недостатков (промораживание производится в темноте, притом не над растением, выросшим в полевых условиях, а в ящиках и вазонах, где процесс заморзания почвы идет по-иному, чем в поле), в то же время чрезвычайно громоздок и дорог, поэтому недоступен для широкого применения.

Еще хуже обстоит дело с определением засухоустойчивости. Применяемые здесь методы (траншейный, покрытых делянок, определение содержания воды в листьях, по анатомо-морфологическим признакам, суховейники) дают еще более противоречивые результаты у разных

исследователей, не всегда совпадающие с действительной реакцией растений на засуху.

Неудовлетворительность отмеченных методов объясняется необычайной сложностью самих явлений зимо- и засухоустойчивости, как это справедливо отмечают все авторы, занимавшиеся изучением этих явлений (Максимов, Туманов, Новиков и др.). По существу было невозможно установить полную связь между показателями того или иного метода и фактическим поведением растения. Тем более представляется важным, наряду с испытанными уже методами, подвергнуть широкой разработке и экспериментальной проверке метод прямого определения морозо- и засухоустойчивости семян и их проростков, как средства диагностики зимо- и засухоустойчивости растений. Во избежание недоразумений необходимо подчеркнуть, что явления зимо- и засухоустойчивости неизмеримо более сложны, чем явления морозо- и жаростойкости. Зимняя гибель растений связана не только с наличием низких температур, но и с образованием ледяной корки, с характером снежного покрова, с ходом температуры осенью (условия закалки) и весной. Еще более многогранно проявление засухи. Засуха может выражаться в различных комбинациях сухости почвы, сухости воздуха, высоких температур, сухих, жарких ветров (сухостей). Она может отличаться по длительности и стадии, в которой застаёт растение, а, как указывалось нами выше, различные растения не всегда параллельно реагируют на изменяющийся комплекс условий зимовки и варианты засух.

Однако в комплексе условий, вызывающих гибель в процессе зимовки растений, низким температурам принадлежит в некоторых районах Союза решающая роль, как это установлено рядом опытных станций Юго-востока. Что касается влияния ледяной корки, то действие ее различными авторами объясняется различно (Рихтер — как задушение, Салтыковский — как механическое действие). Тем не менее все они приходят к тому выводу, что чувствительность различных сортов озимых пшениц идет параллельно с изменением их морозоустойчивости (13, 14).

Таким образом отношение озимых растений к низким температурам дает косвенные указания и на отношение их к другим условиям зимовки.

Роль высокой температуры, как ведущего фактора в комплексе явлений засухи, не всегда может иметь место. Наиболее часты и губительны засухи второй половины вегетации растений. Высокая температура является обычным спутником других ее компонентов (сухости почвы, воздуха).

Эти предпосылки и дают основание взять в качестве индикаторов для испытания засухо- и зимостойкости семян высокие и низкие температуры.

Вопрос диагностики свойств растений по семенам не является новым. Вильморен и Вьель указывают на большую морозоустойчивость краснозерных озимых пшениц перед белозерными.

Работами Безенчукской опытной станции установлена более высокая засухоустойчивость и урожайность желтозерной ржи перед зеленозерной. Было бы грубой ошибкой отводить признакам, подобным указанным, какую-то решающую роль в определении тех или иных свойств растений. Эти признаки настолько маловажны сами по себе, что приписать им какую бы то ни было роль вообще нельзя. Суть дела конечно не в них, а во всей сумме свойств, которые оказались в какой-то связи с данными морфологическими признаками. Поэтому корреляция между цветом зерна и морозо- или засухоустойчивостью растений формальная — она не вскрывает сущности самого растения.

В последние годы сделан ряд попыток подойти к вопросу диагностики свойств растений по семенам, исходя из представлений о сущности самих явлений морозо- и засухоустойчивости.

Методика этих работ сводится в основном к следующему. Семена проращиваются на растворах сахара различной концентрации; таким образом устанавливается предельно высокая концентрация, на которой семена способны прорасти. Под предельно высокой концентрацией понимают такую, на которой прорастают не менее 50% семян. Во время опыта учитывается процент проросших семян и продолжительность прорастания. Авторы данного метода считают, что способность прорасти на тех или иных концентрациях сахарного раствора определяется сосущей силой семян; способность эта является результатом свойств протоплазмы зародыша.

В свою очередь свойства протоплазмы обуславливаются сортовой принадлежностью данного вида семян. Причем между сосущей силой семян и сосущей силой растения они ставят знак равенства, предполагая, что более высокой сосущей силе семян отвечает и более высокая сосущая способность растения. Растения с высокой сосущей силой будут легче переносить почвенную засуху и одновременно сильнее противостоять обезвоживанию через испарение и замерзание, а в случае той или иной степени обезвоживания протоплазмы относительно безболезненно его переносить; при высокой осмотической силе клетки происходит плазмолиз протоплазмы (при высыхании) и это делает ее менее чувствительной к высушиванию (15).

То же и в отношении морозоустойчивости: высокой осмотической силе клеток будет отвечать меньшее количество льда, образующегося в процессе замерзания, что понизит его вредное механическое действие (16).

Следовательно в основу данного метода взят один из признаков (осмотическое свойство клетки), который играет немаловажную роль в определении морозо- и засухоустойчивости растений. Остается лишь

нерешенным вопрос, можно ли проводить параллель между семенами и растением, развившимся из этого семени.

Ряд исследователей [Buchinger (17) — ячмень; Eibe (18) — свекла; Pirson (21) — пшеница, ячмень; Scheibe (22) — пшеница; Hafecost (20) — сахарная и кормовая свекла; Taschdjan (23) — табак; Foschum (19) — овес, кукуруза], изучая сосущую силу семян, пришел к заключению, что между ней и засухо- и морозоустойчивостью существует бесспорная связь.

Другие исследователи приходят к иным выводам. K. Schüneman (24) утверждает, что сосущая сила семени данного сорта изменяется от условий вегетации растения; Mayer (25) наблюдал, что семена различных лет и местопроизрастаний имели большую разницу в высоте сосущей силы. Поэтому для выяснения вопроса, является ли сосущая сила наследственным признаком или зависит от условий роста растений, последний автор предлагает продолжать работу по определению степени вариации в сосущей силе семян того или иного сорта.

Ряд авторов критикует принцип самого метода, а также технические погрешности, которые имеют место в нем (26, 27).

Концентрация сахарного раствора во время прорастивания изменяется под влиянием испарения воды, деятельности микроорганизмов, а в зависимости от этого будут меняться и результаты всхожести. Положение семян между стеклянными палочками в аппарате Бухингера, которым пользовались многие авторы для исследования сосущей силы семян (положить ли на спину или на брюшко), тоже значительно изменяет энергию прорастания.

Таким образом вторая группа исследователей или полностью отрицает возможность применения метода для определения морозо- и засухоустойчивости или считает необходимым дальнейшую проверку его.

Мы считаем, что основным недостатком данного метода, как и других методов косвенного определения, является попытка свести сложные явления морозо- и засухоустойчивости только к одному признаку — в данном случае к осмотической силе, что с точки зрения современного знания вопроса вряд ли допустимо.

Не менее важна и другая ошибка, которую авторы, — защитники метода, — допускают в своих выводах. Установив на примере своих опытов известную корреляцию между сосущей силой семян и морозо- и засухоустойчивостью растений, некоторые пытаются делать из этого широкое обобщение, говоря, что это — общая закономерность.

Можно считать, что дальнейшая работа по применению данного метода, с внесением соответствующих усовершенствований, устраняющих возможность ошибок технического порядка, будет не бесполезна, если ее корректировать параллельным применением и других методов определения засухо- и морозоустойчивости.

Несколько иначе подошла к изучению семян Тимофеева (28). Она сначала проращивала семена обычным способом, потом помещала проростки их в 2-молярный раствор сахарозы на 6 дней. По истечении этого срока семена промывались и высаживались в прокаленный песок для дальнейшего исследования их жизнедеятельности.

Таким образом в основу своего метода Тимофеева взяла способность проростков сохранять жизнеспособность при той или иной степени обезвоживания.

Таким методом Тимофеева исследовала несколько сортов яровой и озимой пшеницы и овса, отличающихся между собой по степени засухоустойчивости. Результаты исследования дали автору возможность сделать заключение, что: 1) „более устойчивые сорта к засухе при обезвоживании их проростков сахарными растворами выживают в большем процентном количестве, чем неустойчивые, 2) резкой разницы между сортами близкими по степени устойчивости или неустойчивости к засухе при этом методе не получается, а поэтому данная методика применима к изучению устойчивых и неустойчивых к засухе сортов зерновых хлебов лишь в комплексе с изучением других факторов, определяющих засухоустойчивость“.

В своей работе с семенами и их проростками мы пошли по иному пути. Только что рассмотренные методы являются косвенными методами определения морозо- и засухоустойчивости. Низкая температура, а следовательно не только обезвоживание, но и образование льда, механически действующего на протоплазму, здесь отсутствуют. Высокая температура, влияющая не только как фактор обезвоживания, но и как фактор коагуляции коллоидов клетки, также здесь не учитывается. Поэтому мы считаем более правильным применить прямой метод, т.е. испытание жизнеспособности набухших семян и их проростков при воздействии низких и высоких температур.

Методика опытов с выяснением морозостойкости была такова. Семена помещались на сильно увлажненную фильтровальную бумагу в чашки Петри или в воду и набухали там некоторое время. После этого семена высушивались с поверхности обтиранием фильтровальной бумагой, помещались в пробирки (по 100 шт.) и промораживались при определенной температуре.

Таким образом нами были исследованы следующие пшеницы: яровые — Китченер, Мильтурум 321, Саррубра, Эритроспермум 841, Цезиум 111, Лютесценс 62, Гордеиформе 010, Гордеиформе 432; озимые — Гостианум 237, Лютесценс 329, Украинка, Кооператорка.

При постановке опытов с яровыми пшеницами нас интересовали два вопроса: 1) существуют ли сортовые отличия в отношении морозоустойчивости у семян различных пшениц, — это важно с точки зрения подбора сортов для подзимних посевов их; 2) нет ли корреляции между засухоустойчивостью сортов и морозоустойчивостью их семян. Установ-

ление такой корреляции давало бы в руки селекционера быстрый способ хотя бы ориентировочной оценки изучаемых сортов с точки зрения засухоустойчивости.

За неимением данных по морозоустойчивости исследованных яровых пшениц мы не могли поставить перед собой третью задачу, которая напрашивается из самой методики опыта, — нет ли корреляции между морозоустойчивостью растений и семян. Эта задача была принята нами в качестве основной при исследовании озимых пшениц.

Большинство физиологов считает, что явления морозо- и засухоустойчивости во многом тождественны. Факторы, повышающие морозоустойчивость повышают обычно и засухоустойчивость. Повышение гидрофильности плазмы, увеличение сахаров, завядание — все это ведет к повышению морозо- и засухоустойчивости растений. Гибель от мороза есть следствие повышения концентрации клеточного сока, изменения его pH, могущих вызвать свертывание коллоидов или отравление в силу высокой концентрации тех или иных веществ. Образующийся во время замораживания растения лед, вызывая обезвоживание клеток, одновременно действует и механически: он создает повышенное давление на стенки клеток, чем и вызывает коагуляцию в той или иной мере обезвоженной протоплазмы (29).

Гибель растения во время засухи происходит по аналогичным причинам, исключая конечно действие льда. И там и здесь процесс обезвоживания прямо или косвенно ведет растение к смерти.

Аналогия эта может быть продолжена. Воздействие на растения низких и высоких температур сопровождается распадом сложных азотистых соединений в более простые — вплоть до образования аммиака (Гарвей, Шафнит, Горке, Буллетт), причем интенсивность этого процесса изменяется в зависимости от морозо- и жаростойкости растений (31,32).

Растения, закаленные сухостью почвы, повышают засухоустойчивость (32,33) и морозоустойчивость (34).

Исходя из рассмотренных теоретических предпосылок, перейдем к анализу результатов наших опытов.

В опыте с пшеницами — Китченер, Мильтурум 321, Саррубра, Эритроспермум — набухание семян происходило при 15—16° путем погружения их в воду. Испытывались два варианта длительности набухания — 4 и 14 час. После набухания семена тщательно обтирались фильтровальной бумагой и выносились на мороз, где находились в течение двух суток; ход температуры от начала до конца промораживания был следующий (в °C):

	1 час	7 час.	13 час.	21 час
11/XII	—	—	—11.4	—11.7
13/XII	—15.5	—15.5	—12.5	—18.4
14/XII	—17.6	—20.6	—15.0	—

Абсолютный минимум доходил до -24.3° . Повторность в опыте трехкратная. Проверка всхожести дала следующие результаты:

Таблица 1

Продолжитель- ность набухания семян	Всхожесть семян в %			
	Китче- нер	Мильту- рум 321	Сарруб- ра	Эритроспер- мум 841
4 часа	30.7	46.3	57.0	61.7
14 часов	19.0	34.0	55.0	40.7

Первая пара сортов — Китченер и Мильтурум 321 — принадлежит к сортам влаголюбивым, невыносящим засуху, вторая — Саррубра и Эритроспермум — являются наиболее засухоустойчивыми сортами. Из табл. 1 можно видеть, что первые два сорта имеют более низкие показатели всхожести, чем последние два.

Следовательно корреляция засухоустойчивости растений и морозоустойчивости семян имеется налицо.

В опыте с пшеницами Цезиум 111 и Лютесценс 62 набухание семян происходило при 10° , промораживание велось в холодильной камере в течение четырех суток, повторность трехкратная. Всхожесть после промораживания получилась следующая:

Таблица 2

Название культур	Длительность увлажнения				Контроль-ные (без промораживания)
	24 час.		8 час.		
	Температура промораживания				
	-10°	-16°	-10°	-16°	
	Всхожесть семян в %				
Лютесценс 62	87.0	20.6	98.0	53.6	98
Цезиум 111	63.0	17.8	64.7	36.0	90

Примечание: При 24 час. намачивания у Лютесценс 62 большая часть семян наклюнулась; у Цезиум 111 наклюнувшихся не было:

В опыте с остальными пшеницами условия были таковы: набухание проходило при температуре $16-17^{\circ}$; промораживание велось в криогидратных растворах в течение двух суток; повторность двукратная (по 100 семян в каждой). Всхожесть после промораживания получилась следующая:

Таблица 3

Название культуры	Набухание 13 час., промораживание при		Набух. 5 час., промор. при	Контрольн. (без промораживания)
	-7°	-11°	-11.1°	
	Всхожесть семян в %			
Гордеиформе 432	36.0	2.5	43.0	97.0
Гордеиформе 010	22.0	0.0	33.0	94.0
Гостианум 237	41.0	12.0	46.0	97.0
Лютесценс 329	8.5	1.0	15.0	99.0
Украинка	16.0	1.0	20.5	99.0
Кооператорка	16.5	0.5	18.5	86.0

Из табл. 2 видно, что во всех вариантах опыта всхожесть Лютесценс 62 выше Цезиум 111. Наиболее резкая разница выявляется при восьмичасовом набухании и промораживании при -10° . По данным сортоиспытания Лютесценс 62 стоит несколько выше по засухоустойчивости, чем Цезиум 111. Испытания в подзимнем посеве в 1933/34 г. на Безенчукской опытной станции тоже показало, что Лютесценс 62 стоит выше Цезиум 111 как по перезимовке семян, так и по урожайности, что видно из следующих данных:

Таблица 4

Название культуры	Посев 28/X			Посев 9/XI		
	Проба на отрастание взята		Урожай в относит. цифрах	Проба на отрастание взята		Урожай в относит. цифрах
	23/VII	14/IV		23/VII	14/IV	
Лютесценс 62	31%	25%	100	92	82	100
Цезиум 111	39%	7%	21.7	66	60	75

В третьем опыте (табл. 3) Гордеиформе 432 по всем вариантам схемы дала всхожесть более высокую, чем Гордеиформе 010. В этом же порядке они располагаются и по засухоустойчивости. При проверке жизнеспособности семян и определении густоты всходов в подзимнем посеве на Безенчукской опытной станции (35) сортов Гордеиформе 189 и Мелянопус 69 получены следующие результаты:

Таблица 5

Название культуры	1933 г.	1934 г.	
	Количество всходов на м ²	Проц. жизнеспособности семян	
		проба взята 23/XII 1933 г.	проба взята 14/IV 1934 г.
Лютесценс 69 . . .	96 раст.	60	12
Гордеиформе 189	66	26	6

По сохранности семян и по густоте всходов Мелянопус занимает первое место. По данным сортоиспытания и по засухоустойчивости в весеннем посеве она стоит несколько выше Гордеиформе 189. Следовательно и эти данные на сортах, близких к испытанным мной, подтверждают отмеченную выше закономерность. Таким образом на примере десяти сортов выявляется закономерная связь между засухоустойчивостью растений и морозоустойчивостью семян.

Несколько более противоречивыми получились на первый взгляд цифры у семян озимых пшениц. Первое место по всхожести занимает Гостианум 237; дальше Украинка, Кооператорка и на последнем месте Лютесценс 329. Необходимо при этом заметить, что семена Кооператорки были очень плохие, и всхожесть контрольных проб, как это видно из табл. 3, значительно ниже остальных сортов. В связи с условиями уборки или хранения общая жизнеспособность их была уже понижена и, несмотря на это, при промораживании она дает показатели, почти равные Украинке и выше Лютесценс 329. Между тем по лабораторным исследованиям над холодостойкостью (4) и данным испытаний Всесоюзной сортосети (2) Лютесценс 329 занимала обычно первое место по морозостойкости, а Кооператорка стояла на одном из последних. Гостианум 237 приближается к Лютесценс 329, но все же значительно уступает ей. Украинка приближается к Кооператорке, но несколько превосходит ее.

Но совершенно противоположна реакция этих сортов на засуху. Первое место по засухоустойчивости занимает Кооператорка, последнее — Лютесценс; Гостианум 237 и Украинка занимают промежуточное положение. Таким образом на основании лабораторных и полевых испытаний Лютесценс 329 можно характеризовать, как сорт сильно зимо- и морозостойкий, но совершенно не засухоустойчивый, Кооператорка — рекордный по засухоустойчивости, но совершенно не зимостойкий, Гостианум 237 — средней морозостойкости и высокой засухоустойчивости, Украинка — слабой морозостойкости и средней засухоустойчивости.

К этому нужно добавить, что данные по морозоустойчивости, полученные путем непосредственного замораживания или косвенными методами, обнаруживают указанную выше последовательность в морозостойкости сортов лишь в условиях закалки растений пониженными температурами. При выращивании же на высоких температурах разницы в морозоустойчивости не обнаруживается.

Таким образом само определение морозоустойчивости показало, что это свойство у растений проявляется по разному в зависимости от условий роста.

Еще более интересные результаты получаются при изучении морозоустойчивости растений на фоне закалки их сухостью почвы. Новиков указывает, что при выращивании Лютесценс 329 и Гостианум 237

при 2.5—5° проростки первой приобретают большую стойкость против морозов, чем второй, при закаливании же сухостью почвы места их по морозоустойчивости меняются. По наблюдениям над урожайностью на Саратовской опытной станции Новиков указывает, что Гостиянум 237 во все засушливые годы, как правило, давала более высокие урожаи, чем Лютесценс 329. Точно так же и Кооператорка, обычно вымерзающая, в 1929 г., после сухой осени хорошо перенесла довольно суровую зиму.

Данные сортоиспытания говорят, что Лютесценс 329 в южной части Украины не проявляет своей морозоустойчивости, а Кооператорка там является одним из лучших сортов.

Все приведенные материалы говорят о том, что установившееся деление на морозоустойчивые и морозонеустойчивые сорта озимых пшениц крайне условны. Тот порядок, в котором мы их располагаем по морозоустойчивости, сохраняется лишь в условиях заделки холодом, при заделке же сухостью почвы они могут изменить свои места.

Это однако ничего не говорит о том, что в наследственной основе растения не заложена та или иная степень морозоустойчивости: она есть, но проявления ее качественно различны в зависимости от условий роста растений.

Проявление этого свойства в набухшем или только что проросшем семени, в котором недавно возникли жизненные процессы, а условия развития проростка не могли еще оказать значительного влияния в силу краткости срока, очевидно будет обусловлено в первую очередь наследственными свойствами данного генотипа.

В процессе развития один генотип, обладая большой пластичностью, относительно хорошо переносит засуху и морозы (Гостиянум 237), другой — хорошо переносит морозы и весьма чувствителен к засухе (Лютесценс 329), третий — хорошо переносит засуху, весьма чувствителен к морозу (Кооператорка).

На основании испытаний на морозоустойчивость семян озимых пшениц (табл. 3) можно сказать, что наивысшая морозоустойчивость их сочетается с хорошей морозо- и засухоустойчивостью растения (Гостиянум 237), наибольшая чувствительность сочетается с наивысшей морозостойкостью и низшей засухоустойчивостью растения (Лютесценс 329), средней морозостойкости семян отвечает слабая морозо- и сильная засухоустойчивость растений.

Таким образом связь, установленная у озимых пшениц, оказалась несколько более сложной, чем у яровых.

Перейдем к разбору опытов с выяснением жаростойкости.

Прежде чем приступить к выявлению сравнительной жаростойкости различных сортов и культур, мы проделали ряд рекогносцировочных опытов, чтобы уточнить дозировку соответствующих факторов, в частности длительность предварительного набухания и проращивания

семян, а также и варианты температур. На основании этих опытов было установлено, что например в поведении семян пшеницы Лютесценс 62, при проращивании в течение 24 и 48 час., при всех вариантах прогревания (35, 42, 55°) разницы не было; при прогревании при 35—42° проростки в том и другом случае сохранили жизнеспособность. Прогревание при 55° убивало все проростки. Семена, намооченные 5 час., в основном вели себя так же. Следовательно в условиях данного опыта установлено, что при набухании семян в пределах от 5 до 48 час. разницы в их чувствительности к испытанным температурам в зависимости от длительности набухания не обнаруживается. В то же время установлено, что смертельная температура лежит где-то между 42 и 55°. Дальнейшими опытами мы пытались уточнить эту температуру и нашли, что она лежит между 45—49°.

После этого было приступлено к испытанию на жаростойкость различных сортов и культур. В первом опыте были взяты изученные ранее на холодостойкость сорта пшениц—Гордеиформе 432, 010, Лютесценс 62, Цезиум 111 (яровые), Лютесценс 329 (озимая), и кроме того рожь Елисеевская и просо пониклое.

Такой набор культур был взят с целью установить, с одной стороны, связь, между засухоустойчивостью растений и жаростойкостью семян, с другой стороны, — отличие между различными видами культур.

Методика опыта была такова. Семена проращивались в чашках Петри; из проросших отбирались по возможности семена с одинаковой величиной проростков в количестве 30 шт., помещались в пробирки и подвергались прогреванию в течение 30 мин. в водяных банях. Повторность в опыте — двукратная. После прогревания проростки помещались для проверки жизнеспособности на отрастание в чашки Петри. Результаты опыта (см. табл. 6 на стр. 102).

Данные опыта позволяют сделать следующие выводы:

1. Сорта яровых пшениц, различные по засухоустойчивости, располагаются в том же порядке и по жаростойкости: проростки Гордеиформе 432 несколько более жаростойки, чем Гордеиформе 010; проростки Лютесценс 62 выше Цезиум 111; проростки обоих сортов мягких пшениц более жаростойки, чем у сортов твердых пшениц.

2. Проростки озимой пшеницы Лютесценс 329 менее жаростойки, чем проростки той же разновидности на яровой форме—Лютесценс 62.

3. Проростки всех сортов пшениц более жаростойки, чем проростки ржи и проса.

4. Рожь и просо, занимающие полярное положение по своей холодостойкости, по жаростойкости весьма близки между собой.

5. При посеве проса не исключена возможность гибели части проростков от высоких температур. Эта опасность вытекает из чувствительности проростков проса к высоким температурам. Семена проса

Таблица 6

Процент проростков, сохранивших жизнеспособность после прогревания

Температура прогревания в °С	Состояние проростков	Гордеи- форме 432	Гордеи- форме 010	Лютесценс 62	Цезиум 111	Лютесценс 329	Рожь Елисеевка	Просо пониклое
45	Живые корешки и стебли .	59.4	39,6	96,7	94.4	47.0	26.4	29.7
	Живые стебли	40.6	50.4	3,3	6.6	33.0	51.8	60.3
	Погибли нацело	—	—	—	—	—	21.8	—
47	Живые корешки и стебли .	13.3	6.6	82.5	66.0	65.7	6.6	16.5
	Живые стебли	23.1	69.3	17.5	34.0	34.3	33.0	84.5
	Погибли нацело	63.6	24.1	—	—	—	60.4	—
49	Живые корешки и стебли .	—	16.5	Корешки погибли у всех, стебли у некоторых остались живы		—	—	—
	Живые стебли	36.3	9.9			—	23.1	39.6
	Погибли нацело	53.7	73.6			100	76.9	60.4

Примечания: 1. Семена на прогревание пошли в следующем состоянии Гордеиформе 432 — большинство семян наклюнувшихся, остальные — сильно набухли; Гордеиформе 010 — большинство наклюнувшихся или с корешками 2,5 мм; Лютесценс 329 — проростки 2—4 мм, рожь — проростки в 3—7 мм, просо — корешки 2—5 мм, стебельков у большинства не было. 2. При проверке жизнеспособности после прогревания оказалось, что у пшениц — Лютесценс 62, Цезиум 111, Лютесценс 329 — при температуре 45 и 47° корешки нацело отмирали, а через 1—3 дня отрастали новые. В незначительной мере это же наблюдалось и у ржи

заделываются мелко, а при позднем посеве и жаркой весне это может повести к нагреву верхних слоев почвы до смертельных для проростков температур.

После этого разведочного опыта, в целях проверки наметившихся закономерностей, в исследование был включен более широкий набор сортов и культур. По той же методике, что была указана выше, мы подвергли испытанию на жаростойкость два сорта ячменя — Медикум 26 и Кольхикум 10/30, три сорта кукурузы — Безенчукская 41, Миннезота и Стерлинг, четыре сорта яровых пшениц — Эритроспермум 841, Саррубра, Китченер, Мильтурум 321; кроме того было испытано четыре сорта пшениц из мировой коллекции. Из взятых сортов ячменя Медикум 26 характеризуется по данным сортоиспытания высокой засухоустойчивостью, Кольхикум 10/30 несколько уступает ему. Испытанные сорта кукурузы тоже заметно отличаются по засухоустойчивости: Безенчукская 41 и Миннезота принадлежат к категории засухоустойчивых, Стерлинг не выносит засух. Из четырех сортов пшениц — Эритроспермум 841 и Саррубра являются наиболее засухоустойчивыми,

а Китченер и Мильтурум относятся к влаголюбивым. При подборе сортов из мировой коллекции нами руководило стремление хотя бы ориентировочно проследить влияние физико-географических условий на жаростойкость проростков. Мы остановились на трех странах: Финляндии, Италии, Сирии. Эти страны довольно резко отличаются в климатическом отношении, поэтому естественно предположить, что влияние этих особенностей могло сказаться и на типе культуры. В Сирии можно ожидать более засухоустойчивый тип, в Италии — среднеустойчивый, а в Финляндии — совсем неустойчивый. Можно было бы взять еще более отличные страны, но мы просто не располагали соответствующим семенным материалом. Из твердых пшениц взята разновидность Лейкурум, происхождением из Сирии № 17152 и Италии № 19384. Сирийская по наблюдениям Безенчукской оп. станции принадлежит к числу скороспелых и засухоустойчивых сортов, итальянская более позднеспела и менее засухоустойчива. Затем было взято два сорта мягкой пшеницы: из Финляндии — разновидность Ферругинеум № 19313 и из Италии — Аффине № 21826. Было бы правильное взять и во втором случае одну разновидность для обеих стран, но за отсутствием таковой этого сделать не представилось возможным.

Переходим к изложению результатов опыта с ячменем. На прогревание были взяты проростки одинаковой величины в количестве 100 шт. для каждого варианта. Проверка оживления проростков произведена через 5 дней после прогревания.

Таблица 7

Процент проростков ячменя, сохранивших жизнеспособность после прогревания

Варианты прогревания в °С	Медикум 26	Кольхикум 10/30
45	94	57
47	85	30
49	0	0

Необходимо отметить, что в отличие от яровых пшениц (табл. 3), где в число здоровых попали проростки, у которых первичные корешки все отмерли, а вместо них регенерировали новые, здесь учтены только проростки, сохранившие первичные корешки. Как видно из табл. 7, явное преимущество в жаростойкости на стороне более засухоустойчивого сорта Медикум 26. 49° являются смертельными для обоих сортов. 45° и 47° Медикум 26 переносил с незначительной убылью, а у Кольхикум уже 45° снижают количество жизнеспособных до 56%.

Для испытания жаростойкости пшениц были сначала взяты те же варианты температур, но в результате опыта выяснилось, что при 45° у всех сортов проростки оказались неповрежденными, а при 47° процент сохранивших жизнеспособность у всех сортов оказался очень низким. Поэтому опыт был повторен с вариантами в 46 и 47°. Проверка жизнеспособности проростков производилась через 6 дней после прогревания. Для каждого варианта бралось по 100 проростков. Как и в первом опыте с прогреванием у всех сортов пшениц отмечается почти полная гибель первичных корешков и последующая регенерация новых корешков. К числу жизнеспособных отнесены только те, у которых взамен отмерших появились новые корешки.

Таблица 8

Процент проростков пшеницы, сохранивших жизнеспособность после прогревания

Варианты температур ■ °С	Эритроспермум 841	Саррубра	Мильтурум 321	Китченер
46	100	100	48	40
47	24	32	2	0

Эритроспермум и Саррубра 46° переносят без повреждений, а Мильтурум и Китченер сохраняют количество жизнеспособных проростков до 48 и 40%. При 47° у Мильтурум и Китченер наблюдается полная гибель проростков, а Эритроспермум и Саррубра сохраняют 24 и 32% жизнеспособных. Таким образом и здесь можно отметить, что засухоустойчивые сорта имеют более высокую жаростойкость проростков, чем незасухоустойчивые.

Испытание пшениц из мировой коллекции дало следующие результаты:

Таблица 9

Процент проростков пшениц из мировой коллекции, сохранивших жизнеспособность после прогревания

Варианты прогревания в °С.	Леукурум		Ферругинеум из Финляндии	Аффине из Италии
	Италия	Сирия		
45	54	74	0	32
47	24	28	0	18
49	0	4	0	0

У всех сортов после прогревания первичные корешки отмерли, как это отмечалось у пшениц и ранее. Затем наблюдалась в той или иной степени регенерация новых корешков. Сопоставление жаростойкости Леукурум итальянской и сирийской обнаруживает заметное превосходство последней. Еще резче отличие между Аффине из Италии и Ферругинеум из Финляндии. Таким образом, ранее высказанное предположение о вероятности большей жаростойкости проростков у пшениц из районов с более сухим климатом перед районами относительно более сырыми в результате опыта находит соответствующее подтверждение. Рельефность цифр, очевидно, была бы еще более выражена, если бы был введен вариант прогревания еще при 46° . Не делая пока окончательных выводов, все же можно высказать предположение, что более широкое изучение мировой коллекции этим методом представляет известный интерес для ориентировочной характеристики сортов.

Остановимся на результатах испытания жаростойкости кукурузы. Сначала опыт был проведен с теми же вариантами температур, что и в приведенных выше. Так как результаты получались недостаточно рельефные, был испытан еще новый вариант — 51° .

Таблица 10

Процент проростков кукурузы, сохранивших жизнеспособность после прогревания

Варианты температур в $^{\circ}\text{C}$	Безенчук- ская 41	Миннезота ^а	Стерлинг
45	100	100	100
47	100	100	100
49	55	66	38
51	75	58	10

Необходимо отметить, что полная гибель отдельных проростков наблюдалась лишь после прогревания при 51° . У той части семян, которые включены в этом варианте в число жизнеспособных, после полного отмирания первичного корешка на границе стебля и корня появились новые корешки. В остальных вариантах или совершенно не отмечено никакой гибели (45 и 47°), или корешок в той или иной степени повреждался (49°), но способность образовывать новые корешки была сохранена полностью у всех проростков. Следовательно в варианте с 49° по существу все семена оказались жизнеспособными, но только количество поврежденных первичных корешков было у разных сортов неодинаково. В табл. 10 отмечено лишь количество проростков, сохранивших совершенно неповрежденным первичный корешок.

шок. Следовательно можно отметить, что жаростойкость проростков кукурузы значительно выше всех испытанных культур. В то время как у пшеницы и ячменя гибель наблюдается уже в интервале $45-47^{\circ}$, у кукурузы только при $49-51^{\circ}$. Жаростойкость различных сортов кукурузы совпадает с их засухоустойчивостью: на первом месте стоит Безенчукская 41, почти не уступает ей Миннезота и наименее жаростойка — Стерлинг.

На основе изученных сортов и культур можно считать, что между явлением засухоустойчивости растений и жаростойкостью проростков существует ясно выраженная положительная корреляция.

Но физиологическая природа засухоустойчивости культур может быть весьма различна. Одни засухоустойчивы потому, что, имея мощно развитую корневую систему, могут интенсивнее поглощать воду и тем предохранять от высыхания надземные части растения во время засухи, другие в силу особых свойств протоплазмы легко переносят обезвоживание, третьи, усиленно транспирируя воду, предохраняют себя от губящего действия высоких температур, четвертые в силу анатомо-морфологических признаков (величина клеток, количество устьиц, войлок на листьях и пр.) экономно испаряют влагу. Перечисленные моменты то могут сочетаться друг с другом в растениях в самых различных комбинациях, то действовать каждый самостоятельно. Наконец, к пятой категории можно отнести такие растения, которые к засухе могут быть и чувствительны, но в силу несовпадения критических периодов их вегетации с периодом засух оказываются в лучших условиях по сравнению с культурами, период наиболее интенсивной вегетации которых совпадает с периодом засух. С хозяйственной точки зрения и эта категория культур обычно относится тоже к засухоустойчивым, но в более узко физиологическом смысле они не обязательно могут быть засухоустойчивы.

Все перечисленное разнообразие причин засухоустойчивости является продуктом взаимодействия генетических признаков растений с условиями окружающей среды. Изученное же нами свойство — жаростойкость проростков — есть проявление лишь наследственных качеств растений. Различная жаростойкость их может быть объяснена только физико-химическими особенностями протоплазмы клеток в том виде, как они были представлены в развившихся проростках. Таким образом мы исследовали исходную жаростойкость, а не жаростойкость, проявляющуюся в процессе развития растений. Кстати, специальные исследования жаростойкости растений крайне немногочисленны. Это лишает нас возможности делать какие-либо сопоставления между жаростойкостью проростков и растений.

Наличие положительной корреляции между засухоустойчивостью растений — явлением весьма сложным и динамичным — и жаростойкостью проростков — явлением более простым, — лишний раз подчерки-

вает, что основная причина различной засухоустойчивости растений объясняется главным образом различиями в свойствах протоплазмы.

Свойства протоплазмы в клетках проростков определяются в основном наследственными причинами, так как непродолжительное время, протекшее от набухания до прорастания, очевидно не могло внести значительных изменений; свойства же протоплазмы растений, выросших из этих проростков, являются продуктом развития генетических свойств в условиях соответствующей среды. Но не впадаем ли мы в некоторое противоречие, подчеркивая, что между наследственным свойством — жаростойкостью протоплазмы проростков существует связь с весьма сложным, постоянно изменяющимся свойством растения — засухоустойчивостью? С одной стороны, динамика, развитие, а с другой, — корреляция. Нам кажется, что установление известной связи между родственными явлениями, из которых одно определяется наследственными свойствами (жаростойкость проростков), а другое — наследственными свойствами и условиями среды (засухоустойчивость растений), совсем не снимает вопроса о динамике, развитии последнего. Констатируя связь между жаростойкостью проростков и засухоустойчивостью растений, мы оцениваем последнюю лишь по конечному результату ее проявления — урожаю. (Иной оценки, более точной и общепризнанной, пока не имеется.) Стало быть, если начальное свойство как-то увязывается с конечным проявлением другого свойства, то это отнюдь не значит, что второе свойство остается неизменным от начала и до конца развития растения.

Безенчукская опытная станция.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новиков В. А. (1928), Опыт физиологической диагностики холодо- и засухоустойчивости. Дневник 3-го Всесоюз. съезда ботаников.
2. Туманов В. В. (1929), Относительная зимостойкость и районы сортов озимой пшеницы. Гибель озимых хлебов и мероприятия по ее предупреждению. Приложение № 34 к Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции.
3. Васильев И. Н. (1929), Исследования над засухоустойчивостью у пшениц. Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции, т. XXII, вып. 1.
4. Туманов И. И. и Бородин И. Н. (1929), Исследование морозостойкости озимых культур прямым замораживанием и косвенным методом, Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции, т. XXII вып. 1.
5. Тимофеева М. Т. (1934), К физиологической характеристике морозоустойчивости зимних злаков, Соц. растениеводство, серия 9.
6. Колкунов В. В., К вопросу о выработке выносливых к засухам рас культурных растений. 1. Анатомо-физиологич. исследов. степени ксерофильности некоторых злаков. Известия Киев. политехн. ин-та, т. V, кн. 4.
7. Колкунов В. В., Анатомо-физиологич. исследования некоторых рас свекловицы, Известия Киев. политехн. ин-та, т. VII, кн. 1.
8. Колкунов В. В. (1910), Результаты изучения различных сортов кукурузы с анатомо-физиологич. точки зрения, Хозяйство, № 5.

9. Колкунов В. В. (1914), К вопросу о принципах подбора засухоустойчивых рас, Хозяйство, № 34—35.
10. Сапегин А. А. (1913), О так называемом анатомо-физиологич. методе селекции засухоустойчивых форм, Южно-русс. газета, № 4.
11. Якушкина О. и Вавилов Н. (1912), Анатомическое исследование нескольких рас овса в связи с вопросом о соотношении физиологических свойств с анатомическим коэффициентом, Журн. опыт. агрон., № 13.
12. Васильев М. И. (1929), Исследование над засухоустойчивостью у пшениц. Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции, т. XXII вып. 1.
13. Рихтер А. А. и Гречушников А. И. (1932), К вопросу о физиологических процессах, лежащих в основе гибели озимых хлебов от выпревания или задушения под ледяной коркой, Изв. Академии Наук СССР, № 3.
14. Салтыковский Н. И., Гибель озимых хлебов под ледяной коркой. Тр. по селекции Саратовской селекционно-генетич. станции, т. I.
15. Hinüber. Austrocknungsfähigkeit des lebenden Protoplasmas der vegetativen Pflanzenzellen, Jahrb. f. Wiss. Bot, 66, 1927.
16. Максимов Н. А. (1912), О вымерзании и холодостойкости растений, эксперимент. и критические исследования.
17. Buchinger A., Saugkraftmessungen verschiedener Gerstensorten, Fortschr. Landw. Jahrg. 2, H. 11, 1926.
18. Eibe A., Osmotische und Saugkraftmessungen 11 Getreide, Fortschritte d. Landw. Jahrg. 1, H. 9, 1926.
19. Foschun O., Über die Saugkraft verschiedener Hafer-und Maisorten, Fortschritte d. Landw., Jahrg. 1, S. 11, 23, 1928.
20. Hafecost, G. Saugkraftmessungen an Futter- und Zuckerrüben, Fortschritte d. Landw. Jahrg. 6, H. 9. 1931.
21. Piescu A., Selectionversuche nach der Saugkraft an einigen landwirtschaftlichen Kulturpflanzen in Rumänien, Fortschr. d. Landw., Jahrg. 6, H. 9, 1931.
22. Scheibe A., Über das sorteneigentümliche Verhalten der Kulturpflanzen im Keimlingstadium dargestellt am Sommerweizen, Fortschr. Landw. Jahrg. 2, H. 21, 1927.
23. Taschdjan E., Saugkraftmessungen am Baumwallesorten. H. 3, S. 8, 1928.
24. Schüneman R., Vergleichende Untersuchungen nach der Saugkraft und Tumeltmethode an Hafersorten. H. 74, 1931.
25. Mayer E., Die osmotischen Werte einigen Weizen-Landsorten im Vergleiche zu ihrer Keimungsgeschwindigkeit in Vegetationszeit. H. 6, S. 2, 1931.
26. Schranz E., Die Keimprüfungen in Zuckerlösung und ihre Bedeutung.
27. Heinisch O., Der Einfluss der Kornlage auf die Resultate des Keimversuches. Fortschr. Landw., Jahrg. 6, S. 6, 1931.
28. Тимофеева М. Т. (1933), К вопросу о методике лабораторного определения засухоустойчивости растений, Соп. Растениеводство, сер. 7.
29. Туманов И. И. (1931), Зимостойкость растений.
30. Хлебникова Н. А. (1932), О жаростойкости растений, Изв. Акад. Наук.
31. Хлебникова Н. А., К физиологии плодовых и огородных культур, Тр. Комиссии по ирригации, вып. 3.
32. Pringsheim E., Wasserbewegung und Turgorrelation in welkenden Pflanzen, Jahrb. f. wiss. Bot., 76, 1906.
33. Туманов И. И., Недостаточное водоснабжение и завядание растения как средство повышения его засухоустойчивости, Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции, т. XVI, вып. 4.
34. Chandler W., The killing of Plants Tissul by Low Temperature, Mg. Agr. Sta. Res. Bull, 1913.
35. Отчет селекционного отдела Безенчукской опытной станции за 1934 г., рукопись.

P. K. IVANOV. ON THE DIAGNOSTICS OF FROST- AND HEAT-RESISTANCE OF PLANTS BY THEIR SEEDS**SUMMARY**

1. Up to quite recently, the study of frost and drought resistance had been limited to plants. The resistance to frost and drought of seeds at the various stages of swelling or germination had scarcely been touched upon by investigators.

2. In the study of frost and drought resistance, no account was taken of the various stages of the development of the plant. The seed, the initial stage, was altogether left out of consideration. Hence, either incompleteness of knowledge, or a contradictory estimate of the different varieties as regards these characters.

3. Both frost and drought resistance ought to be studied in connection with the various stages of plant development, i. e. from seed to seed. Nothing but such a study can fully bring to light the laws governing the dynamics of these characteristics and suggest methods of controlling them.

4. Our experiments, as well as those of other investigators, warrant some inferences as to the existence of some kind of connection between the characteristics of the seed and those of the plant. More particularly there is a direct connection between the frost resistance of the seed and the drought resistance of the plant. The connection between the frost resistance of the seeds and that of the plant is a somewhat more complex one, but, even here, it is apparent that a good winter hardiness and drought resistance of the plant are correlated to the highest frost resistance of the seeds, while a high frost resistance and a low drought resistance of the plant are correlated to the lowest frost resistance of the seeds.

5. The heat resistance of seedlings and the drought resistance of plants are closely connected with each other. The existence of a direct connection between the heat resistance of seedlings, i. e. a simpler phenomenon, and the drought resistance of plants, a more complex phenomenon, once more emphasizes the fact that the differences in the drought resistance of plants are mainly due to differences in the properties of the protoplasm.

6. The investigations of the frost resistance of seeds and the heat resistance of seedlings disclose the hereditary characters of plants in these respects, and may, therefore be used for selection purposes in choosing couples for hybridization.

7. The methods we use lack precision and ought to be improved, more especially as regards ascertaining what durations of the swelling and sprouting of seeds and what freezing and heating temperatures are best calculated to bring into relief the varietal and specific characters of the plants.

8. Our present method can do no more than just bring out the most salient differences between those varieties as are manifestly unlike each other in respect of frost and drought resistance. No reliable results can be obtained by that method in the case of varieties closely related to each other.

9. The comparisons made and the inferences drawn from the investigation of the frost and heat resistance of seeds can mainly be applied to members of related biological groups. In passing from one species of plants to another, any comparison becomes hazardous, as they may be found not to comply to the laws that hold good for the members of related groups.

В. М. БАБЕНЫШЕВ, В. В. БАЖЕНОВ, Л. И. СЕРГЕЕВ.

ПРИЧИНЫ ОсыПАЕМОСТИ ПШЕНИЦ И МЕТОДЫ ЕЕ ДИАГНОСТИКИ

(Представлено академиком А. А. Рихтером)

Свойство неосыпаемости связано с прочностью прикрепления колосковых чешуй к колосовому стержню. Специальными испытаниями на разрыв авторы разделяют все сорта пшениц на 3 группы: осыпающиеся, неосыпающиеся и с тугим обмолотом. Анатомическим изучением поперечных срезов оснований *gluma* установлено значительное различие в содержании одревесневших тканей у представителей этих трех групп. Наиболее развиты они у сортов с тугим обмолотом. Обламывание колосьев при перестое обусловлено недостаточным развитием гиподермального кольца в верхней части соломины. Ригидные пшеницы выделяются незначительным содержанием лигнина, чем повидимому обуславливается их тугой обмолот.

Социалистическое сельскохозяйственное производство предъявляет новые требования к сортам культурных растений. Ряд сортов яровой пшеницы оказался непригодным для механизированного сельского хозяйства вследствие осыпаемости (*Albidum* 604 и др.) или полегания. Требование неосыпающихся и неполегающих сортов культурных растений особенно настоятельно диктуется массовым применением комбайнов.

Изучение условий прочности соответствующих частей пшеницы, которые обуславливают стойкость к факторам, вызывающим явления осыпания и полегания, а также разработка методов полевых наблюдений и лабораторной диагностики различных сортов на эти признаки являются актуальными проблемами.

Вопросами осыпания и полегания занималась специальная бригада в ВИР под руководством Пруцковой (13—15). В работах последней сообщаются различные методы полевых наблюдений над явлениями осыпания и полегания. Бригадой ВИР была сделана также попытка анализа отличий полегающих сортов пшениц от неполегающих. Но в результате предпринятых морфологических, анатомических и химических исследований целого ряда сортов пшениц авторы не смогли дать определенных заключений.

Механико-анатомический анализ условий прочности соломины к полеганию дан в работе Альтергота и Сергеева (3). Последними рекомендуется для диагностики сортов на полегаемость определение момента сопротивления на анатомических срезах нижних междоузлий соломины.

Значительно хуже обстоит дело с изучением явлений осыпания и других видов потерь. В руководствах по полеводству можно встретить лишь короткие замечания. Так, Рюмкер (20) пишет, что потери при перестое („мертвая спелость“) могут происходить не только от того, что „зерно так свободно держится в пленках (вследствие испарения — авт.), что при сотрясении от ветра сильно осыпается“, но и от того, что „солома становится хрупкой и ломкой“ (стр. 156). „Эта ломкость появляется и у колосьев. Многие колосья при уборке отламываются совсем, другие переламываются по середине. Даже и при тщательной уборке этого нельзя избежать“ — пишет другой автор (10).

Поэтому рекомендуется сорта, дающие большие потери при перестое, „убирать впрозелень за 4—5 дней до полной спелости зерна“ (А. П. Шехурдин). Это не связано с потерями в абсолютном весе зерна, так как специальные исследования отдела агрохимии ВИЗХ показали, что приток питательных веществ в семя прекращается в период желтой или восковой спелости. Но сильно варьирующие метеорологические условия времени уборки ставят ряд препятствий к проведению мер предосторожности с осыпающимися сортами. Да и производственный график в уборочную кампанию обычно так напряжен, что не всегда позволяет произвести уборку пшеницы в желательные сроки. Поэтому наиболее верным средством борьбы с потерями при перестое нужно считать селекцию сортов, дающих минимальные потери. Американские фермеры начинают все более и более сознавать, что не только производитель машин должен приспосабливать свою машину к хлебу, но еще в большей степени фермер должен приспосабливать свой хлеб к комбайну, и там сейчас уже принимаются меры к культивированию стойких сортов как в отношении стойкости соломы, так и в отношении стойкости зерна от осыпания“ (стр. 97).

Результаты полевых наблюдений за осыпаемостью различных сортов сведены в специальной статье Пруцковой и др. (15). Авторы различают осыпание при перестое, уборке, молотье комбайном и перевозке. Факторами, вызывающими осыпание при перестое, являются ударное воздействие дождевых капель и раскачивание колосьев ветром. Воздействие их особенно велико после предшествующего периода высокой температуры и низкой относительной влажности окружающего воздуха. Большое значение для степени осыпания имеет равномерность созревания. Осыпаемость отдельных колосьев одного и того же сорта очень сильно варьирует. На основании данных, полученных из различных пунктов СССР, авторы устанавливают классификацию сортов по осыпаемости. Наибольшая осыпаемость у *Albidum* 604 и *Lutescens* 62.

Устойчивыми в смысле осыпания можно считать: *Erythrospermum* 841, все сорта твердых пшениц, Альбосар, Блансар, Саррозу и Саррубру. *Caesium* 111 и *Erythrospermum* 341 занимают промежуточное положение. В противоположность вышеуказанным сильно осыпающимся сортам существует другая крайность — сорта плохо вымолачивающиеся. К последним относятся грубоколосные среднеазиатские *Graecum*'ы (тип *rigidum*). Некоторые сорта из группы неосыпающихся также дают значительный процент недомолота — Блансар 8%, *Erythrospermum* 341, Саррубра и *Melanopus* 69 4—5%.¹ Авторы отмечают влияние на степень осыпания экологических факторов и метеорологических условий периода созревания. Так, Саррубра в 1931 г. в противоположность 1928 г. показал сильную осыпаемость.² Блансар и Саррубра в некоторых пунктах обнаружили большую стойкость при перестое, чем твердые пшеницы. По сортам озимых пшениц проведено значительно меньше наблюдений. В общем сорта озимых пшениц осыпаются значительно меньше, чем яровые сорта. Сильно осыпается сорт Украинка. Значительное осыпание у ржано-пшеничного гибрида 27/36 и сорта Степнячка.

Авторы различают два типа неосыпающихся пшениц: 1) ригидные пшеницы (*Erythrospermum* 841, *Graecum* 283 и 289) и 2) твердые пшеницы. Первые характеризуются рыхлым колосом и маленькими (?) грубыми *gluma*. Зерно у них держится не благодаря плотному прикрытию колосковыми чешуями, а потому что поздно отрывается от футикулы.³ У твердых пшениц зерно лежит свободно, но не осыпается вследствие особенности строения и прикрепления колосковых чешуй. Второй тип неосыпающихся пшениц благодаря хорошей вымолачиваемости более желателен. Скрещиванием с твердыми пшеницами можно получить гибриды мягких пшениц, стойких к осыпанию. Многолетние наблюдения за явлениями осыпаемости сортов пшеницы сообщаются зав. отделами яровых пшениц Саратовской генетико-селекционной станции А. П. Шехурдиным. Автор делит все сорта по осыпаемости на четыре группы: 1) безостые легко осыпающиеся (*Albidum* 604 и др.) 2) среднеосыпающиеся (*Lutescens* 62, 479, *Caesium* 111), 3) неосыпающиеся, но теряющие при перестое колосья (почти все твердые), 4) мягкие неосыпающиеся, выдерживающие перестой (*Erythrospermum* 841, 341). Для характеристики сортов по осыпаемости в ВИЗХ в 1930 г. был организован специальный полевой опыт. Ряд сортов для выявления их уборочных свойств был оставлен после первой спелости на 21 день. После истечения указанного срока осыпание выразилось: у твердых пшениц —

¹ Комбайн дает меньший недомолот.

² По мнению А. П. Шехурдина это — результат неудачной методики.

³ Мы считаем, что неосыпаемость ригидных пшениц, как и твердых, нужно объяснять прочностью прикрепления колосковых чешуй. Это подтверждается многолетними наблюдениями А. П. Шехурдина.

1.3%. *Erythrospermum* 341—7%, *Lutescens* 62—17.3%, *Caesium* 111—27.6%, *Albidum* 604—49.8%. Поэтому рекомендуется уборку сорта *Albidum* 604 производить в 3-дневный срок, сорта *Lutescens* 62, 479 — в 4–5-дневный срок, а уборку остальных сортов можно затянуть до 10 дней. Но все же злоупотреблять неосыпаемостью большинства сортов нельзя, так как твердые пшеницы, например при перестое, могут терять колосья, особенно когда при перемежающихся дождях стоит жаркая погода.

На осыпаемость безостых мягких пшениц, получивших в настоящее время большое распространение, Саратовская генетико-селекционная станция давно обратила внимание. Методом межвидовой гибридизации Белoturки с Полтавкой были получены гибриды Сарроза и Саррубра. Испытания одного из этих гибридов — Саррозы — показали, что в течение 21 дня перестоя осыпание выразилось всего в 2.8%.

Указанные автором гибриды конечно не разрешают проблемы неосыпающихся сортов. Поэтому большой практический интерес для синтетической селекции представляют некоторые экотипы пшениц из мировой коллекции ВИР.

Указание на неосыпающиеся группы пшениц в мировой коллекции мы находим в работах Писарева и Фляксбергера (12, 22). Так, первый из указанных авторов пишет: „Неосыпаемость зерна присуща некоторым яровым пшеницам Индии, Афганистана, Абиссинии, Сирии, селекционным пшеницам Австрии и Средиземноморья (где неосыпаемость связывается с легким обмолотом), Манчжурии и Монголии. У озимых пшениц этот признак мы найдем среди селекционных сортов Швеции, Голландии, Дании, Англии, Баварии и среди местных пшениц в Хиве и Афганистане“ (стр. 2).

Приведенных цитат достаточно для того, чтобы охарактеризовать значение борьбы с осыпанием и другими видами потерь при перестое пшениц в общей системе мероприятий по поднятию урожайности. Наиболее надежным средством, как мы уже видели, в этой борьбе является селекция неосыпающихся сортов. Поэтому селекционер должен представлять „внутренние“ причины осыпания и располагать надежными методами диагностики сортов на стойкость к осыпанию и другим видам потерь. Последнее и явилось основной задачей наших экспериментальных работ. Исследования проведены по трем разделам: 1) испытание прочности элементов колоса различных сортов, предохраняющих зерно от осыпания (проведено физиком В. В. Баженовым), 2) анатомический анализ частей колоса и соломины, обуславливающих стойкость к потерям (проведено ботаником Л. И. Сергеевым) и 3) установление химического различия колосковых чешуй (*gluma*) осыпающихся и неосыпающихся сортов (проведено химиком В. М. Бабенышевым).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

I. Испытание *gluma* на прочность

Как мы уже указывали выше, наблюдения селекционеров (А. П. Шехурдин, Пруцкова) показывают, что осыпание находится в непосредственной связи с прочностью прикрепления колосковых чешуй (*gluma*). Обычно осыпание зерновок следует за отпадением колосковых чешуй или, что значительно реже, связано со смещением последних от нормального положения (отгибание). Поэтому, приступая к исследованию причин осыпания, мы начали с испытания прочности прикрепления колосковых чешуй к колосовому стержню.

В литературе по осыпанию и строительной механике растений (19) совершенно отсутствуют какие-либо данные о прочности *gluma* пшениц.

Вообще механический принцип анатомического строения растений впервые был основательно исследован Schwendener'ом (26). Работами последнего установлены основные закономерности распределения механических элементов в органах растений. Исходя из анализа внешних механических воздействий на растения (главным образом движения воздуха), Schwendener положил в основу своего учения о „строительной механике“ растений мостовую конструкцию для надземных частей (принцип двутавровой и полутрубчатой балок) и принцип каната для подземных органов.

Schwendener основательно изучил механические свойства склеренхимы, обнаружив при этом весьма значительный предел упругости механических волокон растений, не уступающий даже кованому железу и стали. Отличие составляла большая растяжимость механических волокон.

Новый этап в учении о строительно-механических принципах архитектуры растений знаменуют работы проф. В. П. Раздорского (17—19). Публикации указанного автора представляют развернутую критику школы Schwendener'a. Проф. Раздорский вместе с указанием на методические погрешности критикует грубую аналогию с инженерными сооружениями (мостовая конструкция) в исследованиях Schwendener'a. Автор с большой эрудицией в вопросах строительной механики дает ряд интересных исследований по архитектуре растений. Изучена механическая значимость внешних влияний (дождь, ветер) и силы тяжести частей растения. На базе архитектурной теории автора подвергнуты тщательному механическому анализу колленхима и склеренхима двудольных. Прочность растительных конструкций по мнению проф. Раздорского обусловлена той или иной степенью компромисса между тремя принципами: периферического расположения механических элементов для сопротивления силам, вызывающим продольный изгиб, concentra-

ции их в продольной оси для работы пружинного характера в ответ на ударные воздействия и комплексной природы растительных органов.

О прочности прикрепления колосковой чешуи можно судить по силе, требующейся для ее выдергивания. Выдергивающая сила определялась следующим образом: колос подвешивался на зажиме штатива



Фиг. 1

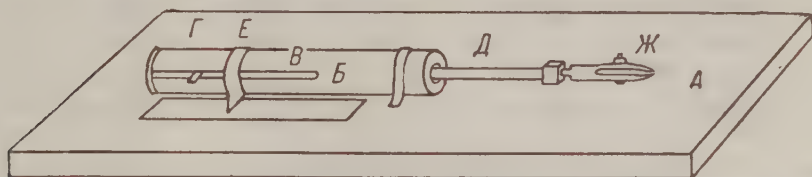
таким образом, что чешуя была обращена вниз. *Gluta* зажималась в щели пера рейсфедера, к которому подвешивалась небольшая чашка весов (фиг. 1). По весу нагрузки можно было судить о выдергивающей силе. Но так как каждое выдергивание, производимое подобным образом, требовало слишком много времени, мы вынуждены были сконструировать прибор, ускоряющий процесс выдергивания. Этот прибор состоит в следующем: (фиг. 2).

На левом конце пластинки *A* закреплена

медная трубка *B*, имеющая сужение в правом конце и продольную прорезь *B*, идущую от левого конца на протяжении $\frac{2}{3}$ трубки. Внутри трубки находится стальная пружина, упирающаяся одним концом в сужение трубки. Свободно ходящая в прорезе трубки планка *Г* с прикрепленным к ней стержнем *Д* упиралась в другой конец пружины. Стержень *Д* свободно проходит через суженное отверстие трубки. По трубке скользит с малым трением неполное кольцо *E*, сделанное из тонкой латуни, с прикрепленным к нему указателем. При движении поперечной планки вправо во время сжатия пружины кольцо с указателем перемещается под действием несколько выступающих из трубки концов поперечной планки. К стержню *Д* прикреплен зажим *Ж*, могущий вращаться вокруг оси, проходящей через трубку, и отгибаться вверх. Стрелка указателя находится против шкалы проградуированной с точностью до 50 г. Левый конец трубки закрыт каучуковой пробкой. Во время опыта колос закреплялся в зажиме *Ж*; колосковая чешуя захватыва-

лась или несколько выгнутым пинцетом или специальными щипцами и оттягивалась вправо до тех пор, пока получался отрыв чешуи.

Колосковые чешуи выдергивались довольно легко; у большинства сортов отрыв происходил у основания чешуи. У некоторых сортов (*Erythrospermum* 841) отрыв происходил в месте зажима щиппов или между зажимом и основанием чешуи. Описанный прибор давал возможность довольно быстро определять выдергивающую силу.



Фиг. 2

Приведенные табл. 1 и 2 позволяют сделать следующие выводы.

1. Прочность прикрепления *gluma* — наибольшая у невымолачивающихся сортов и наименьшая — у осыпающихся. Степень прочности *gluma* вполне совпадает со степенью прочности к осыпанию, установленной полевыми наблюдениями.

2. Испытание прочности прикрепления *gluma* к колосовому стержню дает возможность определить степень осыпаемости пшениц.

3. Величина нагрузки, при которой происходил отрыв колосковых чешуй, вариировала в значительных пределах для одного и того же колоса, особенно у осыпающихся сортов (исключая *Caesium* 111)

Таблица 1
Отрыв чешуи при нагрузке (в кг)

№ п. п.	Плохо обмолачивающ.	Неосыпающиеся				Осыпающиеся		
	<i>Alboscaesium</i>	<i>Erythrospermum</i> 841	<i>Hordeiforme</i> 432	<i>Melanopus</i> 69	Сапрубра	<i>Lutescens</i> 62	<i>Caesium</i> 111	<i>Albidum</i>
1	Больше 1.2	1.45	0.98	0.87	0.60	0.70	0.45	0.29
2	То же	1.40	0.97	0.68	0.60	0.59	0.42	0.27
3	" "	1.35	0.77	0.57	0.57	0.57	0.40	0.27
4	" "	1.35	0.70	0.56	0.56	0.57	0.40	0.26
5	" "	1.20	0.70	0.56	0.56	0.53	0.40	0.22
6	" "	1.02	0.68	0.47	0.55	0.37	0.35	0.22
7	" "	1.00	0.67	0.47	0.51	0.35	0.35	0.20
8	" "	0.95	0.67	0.45	0.47	0.27	0.32	0.20
9	" "	0.95	0.59	0.39	0.47	0.27	0.30	0.20
10	" "	0.95	0.57	0.37	0.32	0.22	0.30	0.14
средн. арифм.	"	1.28	0.73	0.54	0.52	0.44	0.37	0.23

Таблица 2

№ п-п	Сорт пшеницы	Средняя отрывающ. сила в кг	Колебания отрывающ. силы в кг от — до	
1	Плохо вымолачивающиеся:	Больше 1.2	—	—
2	<i>Albocaesium</i> (гибрид) <i>Erythrospermum</i> 841	1.28	0.9	1.45
3	Неосыпающиеся: ¹ <i>Hordeiforme</i> 32	0.73	0.57	0.98
4	<i>Melanopus</i> 69	0.54	0.37	0.58
5	Сарпубра	0.52	0.32	0.5
6	Осыпающиеся: <i>Lutescens</i> 62	0.44	0.22	0.7
7	<i>Caestum</i> 111	0.34	0.3	0.75
8	<i>Albidum</i> 604	0.23	0.14	0.29

¹ Осыпание этих сортов при перестое, по наблюдениям А. П. Шехурдина, настолько незначительно, что не имеет хозяйственного значения.

II. Анатомия колосковых чешуй (*gluma*) и верхней части соломины

Следующей задачей нашего исследования мы поставили изучение анатомии колосковых чешуй испытуемых сортов. Было предположено что большая разница в показателе колосковых чешуй отдельных сортов при испытании на отрыв связана не столько с их морфологическими особенностями (величина, форма), сколько с различием их анатомического строения и в связи с этим — характера прикрепления к колосовому стержню.

Прочность частей растения, их определенное пространственное расположение в воздушной среде обуславливаются тургорным давлением и наличием специальной механической ткани. „Развитие механической ткани в количественном отношении может подвергаться весьма значительным колебаниям у одного и того же вида растения, в зависимости от внешних условий“ (3).

По мнению Molliard и др. при механическом давлении на части растений механическая ткань недоразвивается (25).

Противоположный взгляд о влиянии механических воздействий окружающей среды на развитие механической ткани высказывает Любименко. Последний считает механическое раздражение протоплазмы необходимым условием развития механических тканей. Расположение механических элементов в частях растения, отвечающее принципам строительной механики, указанный автор считает подтверждением своей точки зрения. „Если мы представим себе, что механическую специализацию, естественно, должны получить те клетки, которые испытывают наибольшее механическое воздействие, то понятно, что и общее расположение этих клеток как раз и будет удовлетворять механическому принципу“ (9).

Рядом авторов (3, 8) отмечено влияние различных экологических фак-

торов на степень развития механической ткани высших растений. Растения, развивавшиеся в условиях почвенной и атмосферной сухости и большей температуры воздуха, выделяются вместе с рядом других анатомических отличий более мощно развитой и отчетливее дифференцированной механической тканью.

Причины различия в развитии механической ткани у ксероморфной и гигроморфной структуры следует искать в той роли, которая в том и другом случае выпадает на тургорное давление и механические элементы в придании прочности растению. В условиях недостаточной влажности окружающей среды тургорное давление не может играть значительной роли в механическом „балансе“ растений, поэтому механические раздражения стимулируют более мощное развитие механической ткани.

Несмотря на сильное вариирование количественного выражения механической ткани в зависимости от экологических условий даже близко родственные формы высших растений отличаются степенью и характером развития механической ткани при одних и тех же условиях вегетации, причем это отличие является наследственно закрепленным признаком. Генотипические отличия пшениц по удельному весу в общей растительной массе соломины механической гиподермальной ткани были отмечены в работе Альтергота и Сергеева (3). Морфологическая характеристика экотипов пшениц (находящихся в мировой коллекции ВИР), данная в работе Пальмовой (11) и цитированной выше литературе, позволяет установить закономерность степени развития механической ткани у пшениц различных ареалов распространения. Формы, имеющие грубые чешуи и другие элементы колоса, а значит и наибольший процент механических, сильно одревесневших частей, имеют ареал распространения в пустынно-засушливых условиях Средней Азии и характеризуются трудным обмоломом. Формы средней грубости чешуй и других частей (и следовательно со средним процентом механических тканей в них), представлены пшеницами северо-западной Европы, т. е. зоны умеренного увлажнения. Эти формы в основной массе характеризуются неосыпаемостью. И наконец формы с нежными колосковыми чешуями и другими элементами надземных частей, т. е. с минимальным содержанием механических тканей, найдены среди пшениц крайнего севера Европы и Азии, характеризующегося избыточным увлажнением. Эти пшеницы дают сильное осыпание при перестое. Таким образом климатические условия явились основным фактором, обусловившим генотипические различия по механической прочности элементов колоса в мировом ассортименте пшениц.

Приступая к анатомическому изучению колосковых чешуй, мы по аналогии с мировыми климотипами пшениц предполагали встретить различие в процентном содержании и характере дифференцировки механической ткани у осыпающихся и неосыпающихся пшениц.

Для анатомического анализа производились поперечные срезы основания колосковых чешуй (*gluma*) от-руки бритвой в бузине. Так как величина и прочность прикрепления колосковых чешуй даже в одной и том же колосе в различных его частях сильно варьирует, то для получения сравнимых результатов мы не брали *gluma* самых нижних и верхних колосков. Для каждого сорта от разных колосьев приготавливалось больше 10 срезов. Объекты предварительно выдерживались в глицерине при нагревании на спиртовке. Выявление толстостенных механических клеток площади среза проводилось реакцией на одревеснение: крепкая соляная кислота плюс флороглюцин. После внимательных просмотров в поле зрения микроскопа из объектов выбирались наиболее типичные, характеризующие ту или иную группу пшениц по осыпаемости, и зарисовывались при том же увеличении. Измерить площадь одревесневших частей в площади среза основания колосковых чешуй по техническим обстоятельствам не представилось возможным. Колосья были взяты в фазу полной зрелости и хранились до исследования в сухом помещении.

При просмотре среза в поле зрения микроскопа при увеличении в 103 раза установлено следующее.

1. Сорта с плохим обмолотом

Albocaesium (гибрид)¹

Сделать срез представляло большие трудности вследствие исключительной твердости основания колосковых чешуй. Основание *gluma* в поперечном сечении имеет форму равнобедренной трапеции с высо-



Фиг. 3

той, равной примерно половине средней линии. Гистологическое строение среза изображено на фиг. 3.

На фигуре показано, что однослойный эпидермис *gluma* представляет толстостенные клетки со значительной степенью одревеснения

¹ Выведен Кинельской селекционной станцией и рекомендуется как неосыпающийся сорт.

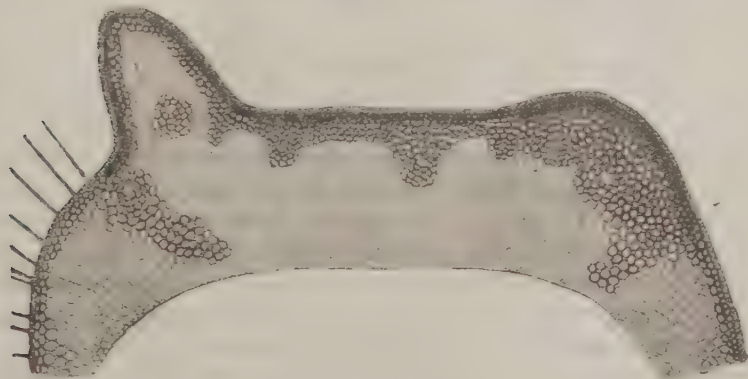
(установлено реакцией HCl плюс флороглюцин). Снаружи непосредственно под эпидермисом располагается в 2 ряда слой толстостенных механических клеток сильно одревесневших с сечением 6-гранной или округлой формы. С внутренней стороны до половины среза располагается мощный слой таких же клеток. Половина среза кнаружи занята тонкостенной паренхимой. Среди последней располагаются закрытые коллатеральные сосудистые пучки с механической обложкой, дающей интенсивную реакцию на одревеснение.

Erythrospermum 841

Хорошего среза получить не удалось несмотря на многочисленные попытки. Причины — причудливо вытянутое, узкое и сильно изогнутое по концам основание колосковых чешуй. Представляет большие трудности отделить *gluma* в целости от колоскового стержня. Общая анатомическая картина та же, но расположение механической одревесневшей ткани, процент которой в площади среза определить не удалось, несколько иное. Механическая ткань располагается несколькими слоями кнаружи непосредственно под эпидермисом и двумя перемычками по краям. Толщина вторичных утолщений и степень одревеснения та же, что у первого сорта. Между обычными сосудо-волокнистыми пучками встречаются небольшие неполные сосудо-волокнистые пучки.

2. Неосыпающиеся сорта

Melanopus 69 и *Hordeiforme* 432



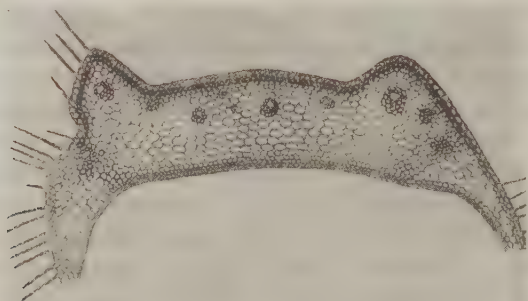
Фиг. 4

Срезаются плохо, но лучше предыдущих, особенно у *Hordeiforme* 432. Срез имеет форму скобки со сдвинутой в одну сторону серединой. Анатомическую картину см. на фиг. 4.

В площади среза одревесневшие механические элементы занимают 25—30%. План расположения в основном тот же, что у *Erythrospermum* 841. Замечается сосредоточивание механической ткани в одном из углов наружной части. Вторичное утолщение и степень одревеснения механических волокон меньше, чем у предыдущих. У *Melanopus* 69 механическая ткань развита несколько лучше, чем у *Hordeiforme* 432.

Сарроза и Саррубра

Срезаются легко. Форма основания та же, что у предыдущей. Механической ткани в площади среза около 15—20%. План расположе-



Фиг. 5

ния механической ткани—тот же (фиг. 5). Вторичное утолщение еще слабее. Форма площади сечения механических клеток—округлая.

3. Осыпающиеся сорта

Lutescens 62 и *Albidum* 604.

Срезаются очень легко. Форма основания скобчатая, с тупыми выступами по наружным углам. Механической ткани в площади среза не больше 10%. Вторичные утолщения механических клеток незначительны. Особенно слабо развита механическая ткань у *Albidum* 604 (фиг. 6). У последней основание широкое, со значительным слоем мелкоклетной круглой паренхимы, обращенной вовнутрь, которая напоминает закладывающийся отделяющий слой.

Подводя итог анатомическим исследованиям, можно сделать следующие заключения:

1. Сорта, отличающиеся поведением при перестое и обмолоте, разнятся друг от друга удельным весом механической ткани в площади среза оснований *gluma* и количественным выражением вторичных утолщений одревесневших элементов.

2. Сорты с плохим обмолотом имеют в основании колосковых чешуй до 50% механически одревесневших волокон; у неосыпающихся, но хорошо вымолачивающихся сортов этот показатель колеблется в пределах от 15 до 30% и наконец у осыпающихся сортов он падает ниже 10%. Хорошо выражены вторичные утолщения механических волокон у первой группы, сравнительно слабее у второй и очень слабо у осыпающихся пшениц.

3. План расположения механических элементов в площади среза оснований *gluma* у изучаемых сортов один и тот же. Исключение составляет *Albocaesium*, выделяющийся гистологическим строением и особенно мощно развитой механической тканью.

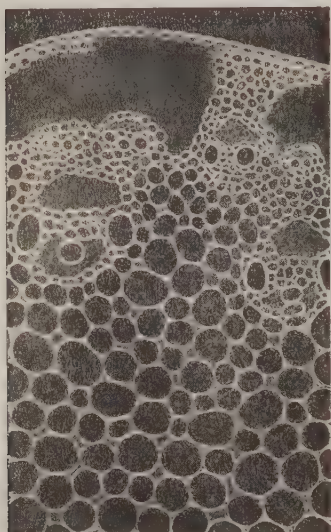


Фиг. 6

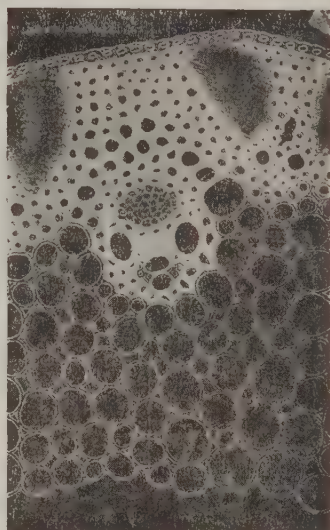
4. Таким образом мы приходим к заключению, что осыпание есть результат недостаточного развития механической ткани в колосковых чешуях (в месте прикрепления, прежде всего), необеспечивающего необходимую им при перестое механическую прочность. Другая крайность, также нежелательная в хозяйственном отношении,—сорты с трудным обмолотом характеризуются большой прочностью прикрепления колосковых чешуй вследствие мощного развития механических элементов. Хозяйственный интерес представляют формы неосыпающиеся, но с легким обмолотом, характерным гистологическим признаком которых является содержание механической ткани в площади среза оснований *gluma* от 15 до 30%.

Анатомическому анализу мы подвергли также явление ломания колосьев при перестое твердых пшениц (*Triticum durum*). Для просмотра в поле зрения микроскопа (увеличение в 103 раза) приготавливались срезы указанным выше способом из верхней, самой узкой части соломины. При этом было обнаружено, что этот участок у твердых пшениц имеет диаметр значительно меньше, чем у мягких. Просмотры проделаны для двух сортов твердых пшениц и четырех мягких пшениц. При просмотре анатомических срезов (фиг. 7 и 8) установлено весьма значительное отличие, заключающееся в степени развития гиподермального механического кольца и характере вторичных

утолщений механических волокон. В то время как у твердой (*Hordeiforme* 432) механическое кольцо состоит из участков механических клеток, разрозненных большими полостями, в которых находилась ассимиляционная паренхима со слабо выраженными вторичными утолщениями механических клеток, у мягкой (*Lutescens* 62) гиподерма представлена мощным слоем толстостенных клеток, между которыми находились небольшие участки ассимиляционной паренхимы. На фигурах показано качественное отличие анатомического строения верх-



Фиг. 7



Фиг. 8

ней части соломины, являющейся систематическим признаком, — сердцевинная воздушная полость, имеющаяся у мягкой пшеницы, у твердой отсутствует вследствие выполнения тонкостенной паренхимой.

Для того чтобы показать различие в механической прочности соломины к изгибу и излому в верхней части, производился подсчет момента сопротивления по способу, указанному в работе Альтергота и Сергеева (3) (табл. 3).

В результате сравнительно-анатомического изучения верхней части соломины мы пришли к заключениям.

1. Ломание колосьев у твердой пшеницы происходит вследствие слабого развития гиподермальной механической ткани как в смысле занимаемой площади в срезе, так и в смысле дифференцировки механических клеток.

2. Поэтому верхняя часть соломины твердых пшениц имеет недостаточную механическую прочность (момент сопротивления) и часто

Таблица 3

№ п/п	Группа пшениц и на- званий сорта	R сре- за ¹ .	Толщина механ. кольца	Момент со- противле- ния (W).
	Твердые:			
1	<i>Hordeiforme</i> 432 . . .	32	5.5	13885.5
2	<i>Melanopus</i> 69	33	5	13848.9
	Среднее: . . .	32.5	5.25	13867.2
	Мягкие:			
1	<i>Lutescens</i> 62	40	8	30228.5
2	<i>Albidum</i> 604	34.0	7.5	19434.3
3	Сапроза	40	8	30228.5
4	<i>Erythrospermum</i> 341 .	35	7	20250.7
	Среднее . . .	38.75	7.65	25035.3

¹ В делениях окулярного микрометра. Приведены средние из 25 измерений.

не может противостоять механическим воздействиям внешней среды (ветер, дождь) при перестое, обуславливая явление известное в агро-номических кругах как „ломание колосьев“.

III. Содержание лигнина в *gluma* в связи с осыпанием

Анатомическим изучением колосковых чешуй осыпающихся и не-осыпающихся сортов пшениц была констатирована значительная раз-ница содержания одревесневших элементов. Естественно было пред-положить различие в процентном содержании вещества, отличающего одревесневшие ткани от неодревесневших. Процесс одревеснения, физико-химия и химия которого до сих пор остается неясной (1)* и в котором некоторыми авторами (12), без особых на то оснований, пред-полагается участие особых гормонов, связан с накоплением в клеточ-ных стенках вещества неизвестного строения — лигнина (5,16).

Как изменяется механическая прочность клеточных оболочек, — мне-ния авторов расходятся. Так, по данным Зонтаг (24) прочность меха-нических волокон убывает с увеличением одревеснения, но растяже-ние при этом возрастает. По мнению же других авторов (1) „механичес-кие свойства оболочки при одревеснении резко не изменяются“ (стр. 36).

* Цитируем по статье Альтергот и Сергеева (4).

Определение процентного содержания лигнина в колосковых чешуях производилось весовым методом Вильштеттера и Цехмейстера (7). Для определения было взято 4 сорта: *Erythrospermum* 841 (с плохим обмолотом), Саррубра (неосыпающаяся), *Lutescens* 62 (осыпающаяся) и *Albidum* 604 (сильно осыпающаяся). Среднее процентное содержание лигнина в колосковых чешуях приводится ниже.

<i>Erythrospermum</i> . . . 841	11.9%
Саррубра	40%
<i>Lutescens</i> 62	42.3%
<i>Albidum</i> 604	35.9%

Из приведенных данных трудно установить какую-либо закономерность между прочностью прикрепления чешуй и процентным содержанием лигнина. Сорт, выделяющийся особенно прочно прикрепленными колосковыми чешуями — *Erythrospermum* 841, — содержит лигнина всего 11.9%. Между сортами осыпающимися и неосыпающимися, но с хорошим обмолотом нет большой разницы в содержания лигнина.

Нами были сделаны пересчеты для определения содержания лигнина в чешуях в абсолютных числах [см. биологическую единицу в работе Альтергота и Сергеева (3)]. Данные сведены в табл. 4.

Таблица 4

№ п/п	Название сорта	Вес ¹ 1 колосковой чешуи в мг	Лигнина в 1 колосков, чешуе в мг
1	<i>Erythrospermum</i> 841 .	4.480	0.533
2	Саррубра	3.370	1.476
3	<i>Albidum</i> 604	4.076	1.463

¹ Определен взвешиванием 50 колосковых чешуй из средней части колоса.

Из таблицы следует, что вес чешуи у различных сортов колеблется в значительных пределах. Абсолютные цифры содержания лигнина в колосковых чешуях дали то же соотношение между сортами, что и цифры процентного содержания.

В заключение отмечаем отсутствие значительной и закономерной разницы в содержании лигнина у осыпающихся сортов и сортов неосыпающихся, но с хорошим обмолотом.

Неосыпающийся сорт *Erythrospermum* 841, характеризующийся плохим обмолотом, выделяется очень низким содержанием лигнина. Это позволяет нам высказать предположение о том, что вообще группа

ригидных пшениц характеризуется низким процентом лигнина. Последнее обстоятельство по нашему мнению служит причиной отсутствия достаточной хрупкости колосковых чешуй, свойства необходимого для легкого обмолота. Указанное замечание нуждается в проверке на нескольких сортах.

Из сопоставлений данных содержания лигнина в колосковых чешуях и анатомической картины процентного содержания в них одревесневших частей мы вынесли впечатление об отсутствии прямой зависимости между этими показателями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги предварительному сообщению по исследованию причин и методов диагностики осыпания пшениц, можно сделать следующие общие замечания:

1. Селекция неосыпающихся, но хорошо вымолачивающихся сортов пшениц является актуальной проблемой, поставленной условиями крупного механизированного сельского хозяйства. Поэтому селекционер должен представлять себе причины осыпания и располагать методами диагностики сортов на стойкость при перестое.

2. Свойство неосыпаемости связано с прочностью прикрепления колосковых чешуй (*gluma*) к колосовому стержню. По этому признаку, что следует из специальных испытаний на разрыв, все сорта можно разделить на 3 основные группы:

- 1) осыпающиеся, выдерживающие от 0.23 до 0.44 кг,
- 2) неосыпающиеся, выдерживающие от 0.52 до 0.73 кг,
- 3) сорта с тугим обмолотом, выдерживающие 1.28 кг и больше.

3. В результате анатомического изучения поперечных срезов оснований *gluma* характерных представителей этих 3 групп установлено значительное различие в содержании одревесневших механических тканей. Механические ткани наиболее развиты у сортов с тугим обмолотом и слабо — у осыпающихся сортов.

4. Наблюдающееся обламывание колосьев при перестое связано со слабым развитием и недостаточной дифференцировкой гиподермального механического кольца в верхней части соломины.

5. Между группой осыпающихся и неосыпающихся пшениц не установлено разницы в содержании лигнина в колосковых чешуях. Ригидные пшеницы (*Erythrospermum* 841) выделяются незначительным содержанием лигнина, чем, должно быть, обуславливается их тугой обмолот.

6. Наиболее простым и точным методом диагностики на стойкость сортов при перестое (осыпаемость) нужно считать испытание колосковых чешуй (*glumx*) на разрыв с помощью прибора, сконструированного одним из авторов (В. В. Баженов).

Авторы выражают благодарность зав. отделом яровых пшениц Саратовской генетико-селекционной станции А. П. Шехурдину за ценные советы и указания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров В. Г., проф., Анатомия растений, 1933.
2. Александров В. Г. и Александрова О. Г., О сосудисто-волокнистых пучках стебля подсолнечника как объекте экспериментальной анатомии. ЖРБО, т. XIII, № 3—4 и т. XIV, № 3, 1928—1929.
3. Альтергот В. Ф. и Сергеев Л. И., К анатомии полегающих при орошении сортов пшениц, Труды Комиссии по ирригации Ак. Наук СССР, вып. 3, 1934.
4. Они же, Влияние полегания на качество зерна различных сортов озимых пшениц, Ученые записки СГУ, т. XI, вып. 2, 1934.
5. Благовещенский А. В., Биохимия растений, 1934.
6. Васильев Н. В. и Иванов А. В., Комбайн «Адванс-Румели» № 2, 1930.
7. Иванов М. М., проф., Методы физиологии и биохимии растений, 1932.
8. Имс А. Дж. и Мак-Даниэльс, Введение в анатомию растений, перевод с англ. В. А. Рихтер, 1935.
9. Любименко В. Н., проф., Биология растений, ч. 1, 1924.
10. Новацкий А., Возделывание хлебов, 1930.
11. Пальмова Е. В., Введение в экологию пшениц, 1935.
12. Писарев В., проф., За новые методы и темпы селекций, Семеноводство, № 23, 1931.
13. Прудкова М. Г., К методике наблюдений над осыпаемостью и полегаемостью сортов, Методика сорт.-испыт. главн. с.-х. культ., ВИР, вып. 1, 1932.
14. Прудкова М., Лебедева М., Мельников А. и Останин С., Полегание пшениц, Соц. растениеводство, № 3, 1932.
15. Прудкова М., Таланова В., Покровский Е. и Сафин К. Н., Осыпаемость важнейших сортов яровой и озимой пшеницы. Сорт. зерн. культ. и районы их распр. стр., ВИР, вып. 1, 1932.
16. Прянишников Д. Н., Химия растения (углеводы) вып., 1, 1907.
17. Раздорский В., проф., Растение как сооружение, Изв. Азербайдж. ун-та, № 3, Баку, 1923—1924.
18. Он же, Архитектурные элементы тела растений, Известия Сев.-Кав. пед. ин-та, Владикавказ, т. II, 1924.
19. Он же, Теория пружин изгиба на службе строительной механики растений, Изв. 2-го Сев.-Кав. пед. ин-та, г. Орджоникидзе, 1932.
20. Рюмкер, проф., Научные основы земледелия, ч. II, 1922.
21. Социалистическое зерновое хозяйство, бюллетень ВИЗХ (к уборочной кампании), Саратов, 1931.
22. Фляксбергер К. А., проф., Мировая коллекция пшениц и ее использование, Журн. Наука и жизнь, № 2, 1934.
23. Юрцовский М. А., Потери зерна при уборке и меры борьбы с ними, 1931.
24. Haberlandt F., Physiologische Pflanzenanatomie, Leipzig, 1896.
25. Küster E., Pathologische Pflanzenanatomie, Jena, 1916.
26. Schwendener S., Das mechanische Prinzip im anatomischen Bau der Monocotylen mit vergleichenden Ausblicken auf die übrigen Pflanzenklassen, Leipzig, 1874.

V. BABENYŠEV, V. BAŽENOV, L. SERGEJEV. DIE URSACHEN DER STREUFÄHIGKEIT DES WEIZENS UND DIE METHODEN IHRER DIAGNOSTIK**ZUSAMMENFASSUNG**

Vorliegende Arbeit enthält Untersuchungen über die Streufähigkeit des Weizens beim Dreschen und über die zu ihrer Diagnostik anzuwendenden Verfahren. Es wurde festgestellt, dass die Eigenschaft der „Nicht-Streuung“ mit der Dauerhaftigkeit der Befestigung der Ährchenspelzen an Ährenstiel zusammenhängt. Auf Grund spezieller Prüfungen auf Widerstandsfähigkeit gegen Zug(Riss)mittels eines von einem der Verfasser konstruierten Apparats können alle Weizensorten in drei Hauptgruppen eingeteilt werden: 1) streuende (einer Rissbelastung von 0.23 bis 0.44 kg widerstehend); 2) nicht streuende (0.52 bis 0.73 kg aushaltend) und 3) schwer dreschbare (mehr als 1.23 kg aushaltend). Anatomische Untersuchungen an Querschnitten durch die Basis der Gluma von charakteristischen Vertretern dieser drei Gruppen zeigten bedeutende Unterschiede in Bezug auf die Ausbildung der verholzten mechanischen Gewebe. Letztere sind bei den schwer dreschbaren Sorten am meisten entwickelt. Das Abbrechen der Ähren bei zu langem Stehenbleiben wird durch ungenügende Ausbildung des hypodermalen Ringes im oberen Teil des Halmes bedingt. Abweichungen im Ligningehalt zwischen streuenden und nicht streuenden Weizensorten konnten durch chemische Untersuchung nicht nachgewiesen werden. Rigide Weizensorten zeichnen sich durch unbedeutenden Ligningehalt aus, wovon offenbar ihre schwere Dreschbarkeit abhängt.

А. ИСАКОВА и Т. ЧКОНИЯ

ВЛИЯНИЕ АНИОНОВ Cl и SO_4 НА РАЗВИТИЕ, ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ
ФУНКЦИИ и КАЧЕСТВО ВОЛОКНА БЕЛОГО РАМИ *Boehmeria nivea*

(Представлено академиком А. А. Рихтером)

Предметом настоящей работы является изучение солестойкости данной культуры. Растение подвергалось воздействию Cl и SO_4 в условиях различной концентрации солей. Хлоридное и сульфатное засоление обнаружило резкое изменение физиологических функций растения вплоть до деформации корневой системы. Произведенное исследование позволяет считать доказанным, что засоление белого рами указанными солями отражается не только на понижении урожайности, но и на качестве волокна.

Над разрешением проблемы солестойкости растений работают в настоящее время многочисленные кадры исследователей. Практическая необходимость ее разрешения очевидна. Особенно остро этот вопрос стоит в отношении орошаемых культур, так как орошение весьма часто приводит к почвенному засолению и кончается иногда гибелью больших плантаций. Явление засоления почвы особенно резко проявилось в связи с орошением Муганской степи, в которой оно является фактором, ограничивающим дальнейшее развитие хлопчатника.

Участь Муганской степи отчасти разделяет и Алазанская долина, в которой расположен совхоз рами. В виду того что в этой долине довольно часто встречаются осоленные участки, перед практическими работниками стал вопрос о том, насколько возможно продвинуть культуру рами в эти осоленные пятна.

Вопросам солестойкости растений у нас стали отводить внимание сравнительно недавно, но чем дальше идет освоение новых земельных площадей, проведение мелиорации и внедрение новых культурных растений, тем острее чувствуется необходимость разработки этой проблемы.

Из работ, касающихся этого вопроса, необходимо отметить исследования А. А. Рихтера, давшего теоретическое обоснование физиологии солестойкости растений. Он экспериментально разрешил вопрос о том, что солестойкость растительного организма может быть повы-

шена путем введения в практику уравновешенных растворов. Ему удалось наметить два своеобразных типа растений: одни характеризуются большим накоплением Cl в клетках растения, у других же такого накопления не происходит. На этом основании автор разделяет все растения на растения с накоплением собственного ассимиляционного осмотического запаса — пшеница и др. — и растения, заимствующие его извне, — солерос и пр. Из последующих работ, посвященных этому вопросу, можно отметить работу А. В. Юрьевой над солевыносливостью томатов. Автором установлено, что при некоторых минимальных количествах Cl наблюдается стимуляция роста томатов, — автор ставит это в связь с ионным воздействием соли. При изучении автором изменений в динамике водного хозяйства томатов отмечено понижение испарения и падение транспирационного коэффициента при засолении.

Из других исследований, в той или иной мере касавшихся вопроса засоления, необходимо отметить работы Н. С. Валько, изучавшего солестойкость кендыря, и А. Ф. Пупыкина, работавшего над прорастанием семян кендыря на различно засоленных почвах.

Н. С. Валько удалось уловить предельные концентрации $NaCl$ и Na_2SO_4 , при которых эта культура еще может произрастать.

Если в отношении кендыря мы имеем определенную попытку к выяснению этого вопроса, то другому текстильному растению — белому рами — в этом смысле не посчастливилось.

Все сведения, имеющиеся в литературе, сводятся пока к указаниям агротехнического порядка, но работ, освещающих физиологические основы этой культуры, мы не встречаем. Примером работ с агротехническим уклоном могут служить исследования З. В. Кисляковой, посвященные срокам уборки рами и изучению посадочного материала; ряд работ посвящен вопросам удобрения.

При постановке всех этих опытов учету подвергался конечный итог вегетации — урожай. Таким образом культура рами весьма мало изучена со стороны физиологических свойств.

Желая выяснить отношение рами к засолению, мы пытались в связи с этим составить себе представление об изменении некоторых физиологических процессов.

Условия опыта

Опыты проводились в железных оцинкованных вегетационных сосудах вместимостью 5 кг почвы. Набивка производилась почвой, смешанной с песком в соотношении 2:1. Взятая для опыта почвенная смесь имела гигроскопической влаги 5.5%, а полная ее влагоемкость равнялась 35.47%. Перед набивкой почва и песок тщательно перемешивались, после чего вносились добавочные удобрительные вещества в виде растворов KNO_3 , $CaHPO_4$, $MgSO_4$, $FeCl$.

Рами высаживалось пикированной рассадой, заранее выращенной в оранжерее. При посадке рассада имела 4 листа. Высадка растений произведена 15 мая, и до 1 июня полив производился сверху, через глиняный горшочек, вставленный в почву, а частично непосредственно сверху.

После укоренения растения 2/VI сосуды были доведены до постоянного веса; к тому же моменту приурочено и внесение засоряющих почву растворов NaCl и Na_2SO_4 .

Рами в течение всего опыта содержалось при одной и той же влажности, равной 86% от полной влагоемкости.

Для проведения засоления были приготовлены молярные растворы NaCl и Na_2SO_4 .

По схеме опытов предполагалось провести пятикратное засоление с доведением содержания солей в сосудах по NaCl до 0.2; 0.3; 0.9 и 0.75 моля, а Na_2SO_4 до 0.1; 0.2; 0.5; 0.75 моля. Однако вскоре выяснилось, что NaCl настолько губительно действует на развитие рами, что после третьего внесения растворов дальнейшее засоление было приостановлено.

Таким образом конечная схема опытов имела следующие градации по количеству солей, рассчитанных в молях на количество воды в сосудах.

Для NaCl —0.08; 0.14 моля. Все сосуды, имевшие более сильные концентрации NaCl , погибли.

Для Na_2SO_4 —0.07; 0.1; 0.2 моля.

Сосуды, получившие большие концентрации солей, также погибли. Повторность опытов взята четырехкратная.

Влияние солей на развитие растений

После первого введения солей уже через 3—4 дня были видны результаты воздействия. Одинаковая по росту во всех сосудах культура рами с NaCl остановилась в росте, с Na_2SO_4 продолжала расти, но темп роста сильно замедлился.

Растения, получившие NaCl , в сильной мере страдали, на нижних листьях появились черные пятна, напоминающие ожоги. Места „ожогов“ начинались с края листа и быстро распространялись по всей листовой пластинке, которая впоследствии отмирала.

Чем большее количество NaCl получило растение, тем сильнее отмечалось явление „ожогов“, а у растений, получивших значительные количества NaCl , через 3—4 дня чернели и стебли и листья, и они отмирали.

Явление „ожогов“ вполне отсутствовало у сульфатных растений. Последние реагировали сильным замедлением роста и увеличением интенсивности окраски листьев.

При втором засолении, внесенном через 15 дней после первого, по хлоридной серии значительно увеличились случаи с появлением „ожогов“, и все растения, которые должны были получить 0.5 и 0.75 моля, погибли.

До конца вегетации остались живыми лишь растения, получившие 0.08 моля NaCl , растения же, получившие 0.14 моля NaCl , вынесли третье засоление, а затем постепенно теряли жизненность и дней за 20 до уборки, потеряв всю листву, погибли.



Фиг. 1. Засоление хлоридами.

Сосуд 128—0.08 NaCl
 „ 107—0.14 NaCl
 „ 145—контроль



Фиг. 2. Засоление сульфатами.

Сосуд 130—0.07 Na_2SO_4
 „ 144—0.1 Na_2SO_4
 „ 124—0.2 Na_2SO_4
 „ 111—контроль

Отмечено, что листья рами, получившие NaCl , резко изменяют окраску — они становятся пятнистыми, и тона их меняются от желто-зеленого до интенсивно зеленого (фиг. 1).

Практическими работниками отмечалось, что рами, уцелевшее на засоленных участках в Алазанской долине, так же, как и в нашем случае, страдает от почернения листьев, и явление „ожогов“ там имеет сильное распространение.

Если хлоридная серия стремительно сбрасывала листья, то сульфатная, наоборот, реагируя задержкой в росте, сохраняла облиственность полностью до самого (фиг. 2) сбора. При этом листва сохра-

няла интенсивно зеленый цвет, раза в три превосходящий цвет контрольных листьев.

Если сравнить высоту стеблей у контрольного растения и у засоленных, то уменьшение стебля по сильным концентрациям Na_2SO_4 будет равняться 75%; с уменьшением концентраций Na_2SO_4 идет удлинение стебля, но все же даже минимальные дозы Na_2SO_4 снижают рост рами на 35% (фиг. 3).



Фиг. 3. Общий вид растений по различному засолению.

111 — контроль, 130—0.07 Na_2SO_4 , 144—0.1 Na_2SO_4 , 124—0.2 Na_2SO_4 , 145—контроль, 128—0.08 NaCl , 107—0.1 NaCl

Влияние засоления сказалось на удлинении вегетационного периода. В то время как контроль находился в полном цветении — цвели как мужские, так и женские соцветения, — у засоленных наметилась лишь стадия бутонизации, а у получивших сильные дозировки Na_2SO_4 она еще не наступила.

К моменту уборки рами контроль уже начал терять листву и растение перешло в стадию плодоношения, в то время как засоленные растения еще не закончили цветения и удерживали полностью облиственность.

Особенно сильно засоление отозвалось на понижении репродуктивных органов растений. Если принять за 100 вес репродуктивных органов контроля, то по засолению их количество выражается 0.4—1.9%.

Сильное падение с засолением наблюдается и в полном весе стебля. Это падение колеблется от 55 до 78% (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика роста и развития рами в связи с засолением в момент уборки

Засоленность растений	Общая длина стебля в см		Число междоузлий		Вес листьев в г		Вес соцвет. в г		Вес стебля в г		Полный вес стебля в г	
	% от контроля		% от контроля		% от контроля		% от контроля		% от контроля		% от контроля	
Контроль	99.5	100	43	100	5.57	100	24.30	100	55.92	100	86.79	100
0.08 моля NaCl	49	49.2	41	95.3	12.65	22.70	0.33	1.3	17.10	30.5	30.03	35.0
0.07 „ Na ₂ SO ₄	63.7	64.0	35	81.4	10.3	185.3	0.1	0.4	28.45	50.8	33.85	45.4
0.1 „ Na ₂ SO ₄	49.7	49.5	29	67.4	12.17	218.5	0.42	1.7	14.37	25.6	29.96	31.4
0.2 „ Na ₂ SO ₄	25.6	25.7	25	58.1	9.12	163.7	4.7	1.9	6.07	10.88	19.89	22.2

При промерах междоузлий обнаружилась тенденция к сдвигению максимального прироста (табл. 2). Если в контроле максимум прироста падал на 12—13-е междоузлие, то уже при минимальных дозах Na₂SO₄ он сдвигался на 13—14-е междоузлие, а при 0.2 моля—на 17—18-е междоузлие.

Таблица 2

Длина междоузлий средней зоны стебля в см

Засоленность растений	Номера междоузлий средней зоны стебля																				
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
Контроль	3.1	3.2	4.5	4.6	4.8	4.9	4.5	4.0	4.1	4.1	4.0	3.2	4.0	3.2	3.5	3.3	2.5	2.2	2.5	2.3	
0.08 моля NaCl	1.8	2.2	2.0	2.0	2.2	2.2	2.0	2.0	1.8	2.0	1.5	1.5	1.3	1.3	1.4	1.2	1.5	1.7	1.7	1.5	
0.07 „ Na ₂ SO ₄	1.5	1.6	2.6	3.1	3.2	4.2	3.8	3.5	3.0	3.0	2.5	2.8	2.7	2.5	2.5	2.5	2.3	2.0	2.0	2.0	
0.1 „ Na ₂ SO ₄	1.5	1.8	1.8	2.0	2.0	2.2	3.0	2.0	2.1	1.9	2.0	1.9	2.3	2.0	2.8	3.3	3.4	4.0	3.5	2.5	
0.2 „ Na ₂ SO ₄	1.0	0.8	1.0	1.1	1.0	1.0	1.1	1.4	1.5	1.5	1.6	1.5	1.5	1.0	1.0	0.7	0.5				

Это явление также говорит о затягивании вегетационного периода с засолением.

Если сравнить поведение кендыря и рами по отношению к засолению, то первый более стоек и вынослив. По данным Валько кендырь может вынести засоление хлоридами до 0.5%, для рами же предельной концентрацией является 0.2%, а при 0.3% NaCl культура гибнет.

Сульфатное засоление кендырь также выносит в более значительных количествах по сравнению с рами. Если для кендыря 2% Na_2SO_4 не является пределом развития, то для рами 1.1% Na_2SO_4 — предел, выше которого идет гибель.

Отмечено, что засоление как сульфатами, так и хлоридами, приводит к деформации корневой системы (см. табл. 3).

Таблица 3

Изменение корневой системы рами под воздействием засоления

Засоленность растений	Длина цент. тяжи в см	Толщ. цент. тяжи в см	Количество толстых тяжей	Вес корневой системы в г	Примечание
Контроль	20.0	1.00	8	34.8	
0.08 моля NaCl	12.0	0.5	5	8.70	Почти отсутствуют мочковидные корни
0.07 " Na_2SO_4	17.0	1.5	5	47.90	Сильно развиты мочковидные корни
0.1 " Na_2SO_4	20.0	0.2	11	30.6	
0.2 " Na_2SO_4	12	1.0	5	15.5	

Влияние солей выражается в изменении не только веса корней, но и морфологии корневой системы. Оно заключается в укорочении и утончении больших толстых тяжей и увеличении мочковидных корней.

Так например, развитие мочки при минимальном сульфатном засолении 0.07 моля протекало настолько мощно, что весовой показатель корневой системы превосшел контроль.

Влияние засоления на накопление хлорофила

Уже по дневнику отмечалась резкая разница в окраске листьев у засоленных растений и контрольных. Контроль имел листья с равномерной светлозеленой окраской.

Хлоридные растения имели пятнистую неравномерную окраску, причем интенсивно зеленые пятна чередовались с желто-зелеными.

Сульфатные растения имели ровную интенсивно зеленую окраску.

Определение хлорофила проводилось колориметрически, пересчет сделан на сухую навеску листьев. Количество хлорофила возрастало в сильной мере с засоленностью. Особенно ярко было это выражено в отношении сульфатного засоления при 0.1 моля, оно в 6 раз превосходило контроль. Хлоридное же засоление лишь в незначительном количестве повышало содержание хлорофила.

Влияние солей на расходование воды и интенсивность транспирации

Изучение расходования воды при засолении было проведено всего один раз, в стадии начала цветения контроля и бутонизации засоленных растений.

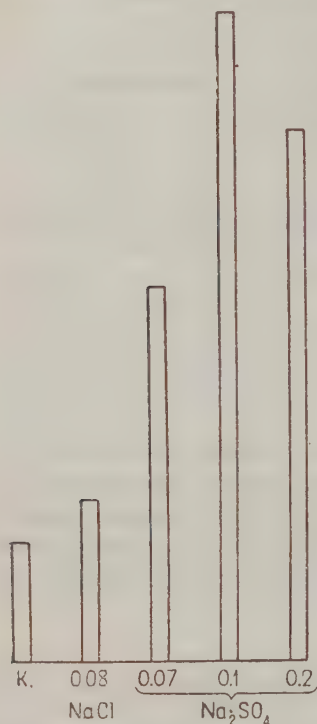
Наибольшее количество воды испаряло контрольное растение. В самом плачевном состоянии было растение с хлоридным засолением (табл. 4).

Однако, если сравнить интенсивность транспирации, то здесь наметилась несколько иная картина.

У растений, получивших хлоридное засоление, интенсивность транспирации резко падала с повышением концентрации.

У растений с сульфатным засолением подобного явления не наблюдалось; наоборот, интенсивность транспирации стояла даже несколько выше, чем у контроля.

Это явление может быть обусловлено тем, что сульфатные растения, с одной стороны, затягивают свой вегетационный период, с другой — они крепче удерживают листву в сравнении с контролем.



Фиг. 4. Изменение количества хлорофилла в зависимости от засоления

Влияние солей на выход и качество волокна

Работами К. Абесадзе доказано, что распределение волокна у рами в различных зонах неодинаково. Поэтому и у своих растений мы стремились вести анализ на качество по зонам. Необходимо за-

метить, что рост рами у засоленных растений настолько мал, что выделить отдельно для изучения среднюю зону не представлялось возможным и пришлось ограничиться разделением растения на две зоны: верхнюю и нижнюю. Так обнаружено, что отношение коры к древесине, изученное на сыром материале в момент сбора, больше у верхней зоны и меньше у нижней. Эта закономерность отмечена у всех опытных растений, независимо от засоления.

Если же сравнить отношение коры к древесине у контроля и засоленных растений в нижних зонах, то окажется, что это отношение

Таблица 4

Изменение интенсивности транспирации при засолении

Засоленность растений	Общая листовая площадь	Количество испаренной воды в г в 24 час.	Интенсивность транспирации в 1 час на 1 м ² листа
Контроль	27.4387	873.5	132.0
0.08 моля NaCl	7.8421	244.8	130.0
0.14 „ NaCl	1.4392	48.3	83.0
0.07 „ Na ₂ SO ₄	18.8328	670.8	148.0
0.1 „ Na ₂ SO ₄	5.0223	166.3	137.0

с засолением возрастает (табл. 5), притом по сульфатной серии более сильно, чем по хлоридной (фиг. 4).

В верхних зонах намечается несколько иная картина, т. е. соотношение увеличивается более по хлоридной серии, чем по сульфатной, и падает с повышением доз внесенных сульфатов.

Средняя длина волокна, вычисленная из 500 проб волокна с засолением, уменьшается. Отмечена следующая закономерность в длине

Таблица 5

Изменение в отношении коры к древесине в зависимости от засоления

Засоленность растений	Название зоны	Вес половинок стебля, взятых для декорткации в г	Вес коры в г	Вес древесины в г	Отношение коры к древесине
Контроль	Н. зона	31.45	6.4	23.95	0.27
	В. зона	13.22	4.3	8.03	0.53
0.08 моля NaCl . . .	Н. зона	5.88	1.53	4.35	0.35
	В. зона	3.24	1.47	1.77	0.83
0.07 „ Na ₂ SO ₄ . .	Н. зона	8.0	2.3	5.72	0.40
	В. зона	5.0	2.1	2.82	0.74
0.1 „ Na ₂ SO ₄ . .	Н. зона	5.0	1.75	4.1	0.42
	В. зона	3.33	0.9	2.2	0.4
0.2 „ Na ₂ SO ₄ . .	Н. зона	5.60	2.12	3.47	0.61
	В. зона				

волокна по зонам. В контроле и хлоридном засолении верхняя зона имеет в среднем несколько более длинное волокно, чем нижняя; что же касается сульфатной серии, то в ней, наоборот, нижняя зона имеет более длинное волокно, чем верхняя (табл. 6), однако разница и в том и в другом случае невелика.

Определение тонины волокна в некоторых пробах не производилось, так как оно не имело технически требуемой длины.

Таблица 6

Изменение волокна и его метрического номера в зависимости от засоления

Название растений	Название зоны	Средняя длина волокна в см	Средняя толщина в μ	Метрический номер ¹ в км
Контроль	Н. зона	9.5	80.7	851.0
	В. зона	9.7	69.9	983.9
0.08 моля NaCl	Н. зона	4.4	88.0	853.9
	В. зона	4.6	—	536.4
0.07 „ Na ₂ SO ₄	Н. зона	6.7	80.0	809.1
	В. зона	6.6	78.3	888.5
0.1 „ Na ₂ SO ₄	Н. зона	4.8	73.2	1 210.8
	В. зона	4.7	67.1	884.2
0.2 „ Na ₂ SO ₄	Н. зона			
	В. зона	4.3	—	571

¹ Выражение, принятое при техническом испытании волокна.

Отмечено, что в нижней зоне хлоридного растения волокно толще, чем у контроля. По сульфатному засолению такой разницы не отмечено. В верхней зоне волокно тоньше, но по сульфатному засолению оно несколько толще, чем у контроля.

Расчеты метрического номера показали, что верхняя зона контроля и минимального засоления сульфатами имеет общую тенденцию к утончению, нижняя зона имеет показатели более низкие.

Хлоридное засоление и повышенные дозы сульфатов меняют метрический номер в обратном направлении, т. е. утолщается волокно верхней зоны и утончается волокно нижней зоны.

Эти изменения показывают, что ионное воздействие засоляющих анионов приводит к резкому нарушению всех функций растения, даже к изменению его анатомической структуры. Придавая этим исследованиям характер рекогносцировочных исканий, признаем необходимым дальнейшую, более детальную разработку этого вопроса.

Выводы

1. Солестойкость белого рами весьма незначительна и гораздо ниже, чем кендыря. Ионное воздействие хлора более ядовито, чем сульфатное. Уже в незначительных количествах ион Cl вызывает явное страдание растения.

2. Ионное воздействие Cl приводит к потере листьев, вызывает явление „ожогов“. Воздействие SO₄ сводится к затягиванию вегетационного периода и замедленному росту.

3. Засоление деформирует корневую систему по хлоридам в направлении уменьшения веса, по сульфатам — в направлении изменения морфологии корневой системы, т. е. в уменьшении толстых тяжей и увеличении мочковидных корней.

4. Физиологические функции в резкой степени изменяются с засолением: накопление хлорофила в листьях резко повышается по сульфатному засолению, с максимумом, совпадающим с 0.1 моля. Интенсивность транспирации снижается по хлоридному засолению и повышается по сульфатному.

5. Отношение коры к древесине выше у засоленных растений; оно выше в верхних зонах, чем в нижних.

6. Засоление в резкой мере снижает качество волокна, уменьшает длину, изменяет метрический номер и т. д. Повидимому засоление не только изменяет физиологические функции растения, но отражается и на анатомическом строении стебля.

Лаборатория анатомии и физиологии растений.

Ботанический институт.

Тифлис.

A. ISAKOVA AND T. SKONIA. THE INFLUENCE OF Cl AND SO₄ ANIONS ON THE GROWTH, PHYSIOLOGICAL FUNCTIONS AND QUALITY OF THE WHITE RAMIE FIBRES

SUMMARY

The physiology of *Boehmeria nivea*, a textile plant cultivated in the western part of Transcaucasia, has been but slightly studied. In the present work we have attempted such a study in connection with the problem of the saltresistance of this plant.

We studied the action of chlorides and sulphates on the growth, physiological functions and quality of the fibres of *Boehmeria nivea*.

Both chlorides and sulphates decreased the yield of the plant, changed the direction of its physiological functions and impaired the quality of the fibre. They also caused a deformation of the root system.

Our main conclusions are as follows:

1. The saltresistance of *Boehmeria nivea* is very low, much lower than that of *Apocynum sibiricum*. The ionic action of Cl is more poisonous than that of SO₄. Even insignificant quantities of Cl cause visible noxious effects.

2. The action of Cl results in the shedding of leaves and the phenomenon of „burns“.

3. The salts in question deform the root system; chlorides decrease its weight, while sulphates cause morphological modifications, i. e. a decrease in the number of thicker roots and an increase in that of rhizoids.

4. Physiological functions markedly change under the action of these salts: the accumulation of chlorophyll in the leaves sharply increases under the influence of sulphates, reaching its maximum at 0.1 mole. The intensity of transpiration decreases under the influence of chlorides and increases under that of sulphates.

5. The ratio of bark to wood rises in plants subjected to the action of Cl and SO_4 , being greater in the upper zones than in the lower ones

6. Cl and SO_4 markedly impair the quality of the fibre, decreasing its length, changing its metric number, etc.

Apparently these salts not only modify the physiological functions of the plant, but also affect the anatomical structure of the stem.

Botanical Institute,
Laboratory of Plant Anatomy and Physiology.
Tiflis.

В. ЦХОИДЗЕ

МЕТОД УСКОРЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВСХОЖЕСТИ СЕМЯН ТУНГО

(Представлено академиком А. А. Рихтером)

Культура тунгового дерева развивается в промышленном масштабе. Посадочного материала, выращенного в парниках, не может хватить на сотни и тысячи га, приходится сеять семенами. Но семена всходят долго (2-3 месяца) и не дружно. Длительный метод определения всхожести семян путем проращивания, неприменимый для семян тунгового дерева, может быть с успехом заменен путем окрашивания семян индигокармином. Этим методом можно в течение двух часов установить процент всхожести семян тунго.

В настоящее время культура тунгового дерева привлекает внимание многих исследователей-растениеводов. В тунговом масле заинтересованы многие отрасли нашей промышленности, благодаря чему с каждым годом увеличивается площадь под тунго.

На Первой всесоюзной конференции по тунговому дереву пришли к выводу, что, поскольку культура развивается в промышленном масштабе, придется сеять семенами и что посадочного материала, выращенного в парниках, на сотни и тысячи га нехватит.

Необходимо учесть, что семена тунгового дерева очень долго не всходят и кроме того всходят очень не дружно (2—3 месяца).

Таким образом для семян тунго особенно важно иметь метод быстрого определения всхожести, чтобы заранее учесть качество посевного материала.

Как известно по литературным данным, определение всхожести путем проращивания не дает абсолютной всхожести, поскольку результат зависит от тех условий, в которых ведется проращивание.

„Метод проращивания не только требует продолжительного времени и характеризует всхожесть семян лишь в данных условиях, т. е. определяет относительную, а не абсолютную всхожесть и таким образом полноценных данных о качестве семян дать не может“ — пишет Шеффер-Сафронова (2). И дальше: „эти особенности данного метода заставляли исследователей искать другие методы, позволяющие без

длительного проращивания определять потенциальную способность семян к проращиванию" (2).

В этом направлении работали многие исследователи, но долгое время не могли выработать метода, который нашел бы практическое применение.

Олафа-Квам пытался установить степень всхожести семян по интенсивности дыхания

Немец и Дюшен предполагали определять всхожесть семян по количеству каталазы в них.

Лесаже предложил метод четырехчасового воздействия на посевной материал раствором едкого кали; в случае невосхожести раствор желтел.

Яната пытался установить всхожесть семян по признаку выхода зародыша при кипячении их в воде.

Предложенные авторами методы почти все были теоретически мало обоснованы и при широкой проверке не оправдались, поскольку получаемый эффект не давал закономерностей.

Самым доступным и правильным методом является „метод окрашивания“ Нелюбова.

„Его метод основан на общем свойстве живой плазмы, именно: ее полупроницаемость легко пропускает воду внутрь клетки и задерживает растворенные в ней вещества“ (2).

По числу неокрашенных семян можно установить процент их всхожести.

„Из всех предлагавшихся до настоящего времени методов ускоренного определения всхожести, метод окрашивания является наиболее перспективным и наиболее теоретически обоснованным“ (6).

„Пользуясь этим методом, можно очень быстро определить, имеем ли мы живой или мертвый семенной материал, а также выяснить абсолютное количество семян, способных к проращению, даже в тот период, когда в семенах происходит послеуборочное дозревание, а также физиологически недозревших семян (всхожесть которых определить методом проращивания невозможно)“ (5).

После Нелюбова (1925) разработкой его метода занимались:

Кравченко, который применял краску индиго-кармин в концентрации 1:200 в течение 20 час. и нашел полнейшее совпадение по всхожести, определенной методом окрашивания и обычным проращиванием для хвойных культур (3).

Дорошенко работала с семенами зонтичных и получила хороший результат. Автор приходит к выводу, что разработанная ею методика годна для определения всхожести семян зонтичных (6).

Проценко и Библина выработали методику определения всхожести семян яблок и груш.

„Метод быстрого определения всхожести семян окрашиванием, впер-

вые предложенный Нелюбовым, вполне может быть использован в плодоводстве для семян семечковых пород.

При массовом производстве подвоев колхозами и совхозами, когда приходится иметь дело с большим количеством плодовых семян, всхожесть которых неизвестна, этот быстрый, простой и дешевый метод имеет очень важное хозяйственное значение" (5).

Кроме названных авторов разработкой метода „окрашивание Нелюбова“ занимался целый ряд исследователей: Шеффер-Сафонова, Калифельд, Арлорд и др. и кроме Нейтгаммера (в Праге) — все получили положительные результаты.

Отдел физиологии Батумского субтропического ботанического сада поставил себе целью применить метод Нелюбова для определения всхожести семян древесных пород, которые по каким-либо причинам долго не всходят или всходят очень недружно и этим затрудняют возможность своевременного определения процента всхожести.

В первую очередь этот метод был намечен к разработке для семян тунгового дерева.

Методика

Для определения всхожести семена тунгового дерева (*Aleurites cordata*) и (*Aleurites Fordii*) осторожно ломались и освобождались от кожуры. Ланцетом отрезалась меньшая половина семядоли с зародышем. После этого острым концом ланцета осторожно снимался зародыш.



Фиг. 1

дыш. Нужно отметить, что семена тунгового дерева являются прекрасным объектом, позволяющим очень легко выделить зародыш, на 100% без повреждений.

Таким образом выделенные зародыши погружались в растворы красок различной концентрации. Растворы красок готовились 1:200, как это описано у Нелюбова, Шеффер-Сафоновой и др. Краски кипятились осторожно в течение четырех часов на песочной бане, но все-

таки растворялись примерно только на половину. После этого фильтровались и использовались для последующего разбавления (исходный раствор 1:200 обращался таким образом в 1:400).

Опыты проводились со следующими концентрациями: 1:200, 1:300, 1:400, 1:500, 1:600, 1:700, 1:800, 1:900, 1:1 000, 1:2 000, 1:3 000, 1:4 000, и 1:8 000.

Была испытана продолжительность воздействия красками. В начале мы брали продолжительность 48 час., но даже при концентрации красок 1:8 000 разницы между всхожими и невсхожими семенами мы не обнаружили. Брали сроки в 24 час., 18 час., 8 час., но убедительных результатов не имели. Зародыши, погруженные в некоторые краски, как метилен-блау, моментально окрашивались в одинаковой мере, и разобрать какое же из них живое семя и какое мертвое было невозможно.

Многочисленные опыты привели нас к выводу, что самым надежным и безошибочным является применение индиго-кармина в концентрации 1:2 000, 1:3 000 и 1:4 000 в течение 1 часа без взбалтывания. В начале в опытах брались цельные очищенные семена, но при этом никаких результатов не получалось. Семена тунгового дерева содержат большое количество масла, которое не пропускает внутрь зародыша краску и адсорбирует ее на поверхности, и поэтому отличить, какое из семян всхожее и какое нет, становится невозможным.

Мертвые семена, которые служили нам контролем при разработке нашего метода, убивались путем нагревания всхожих семян в термостате в течение 2 час. при температуре 90—95° С. Зародыши всхожих и убитых семян погружались в раствор краски и в совершенно одинаковых условиях взбалтывались. Мертвые зародыши окрашивались в темно-голубой цвет, а живые покрывались фиолетовым осадком. Если же семена погружались в растворы красок и не взбалтывались, то результаты получались весьма отчетливые. Живые семена оставались совершенно бесцветными, а мертвые окрашивались в голубой цвет при концентрации индиго-кармина 1:2 000, 1:3 000 и 1:4 000.

Погруженные на 1 час зародыши тунгового семени в краски (1:1 000, 1:2 000, 1:3 000, 1:4 000) переносились на бухнеровскую воронку и быстро промывались водой. Промытые зародыши раскладывались на фильтровальную бумагу, и на-глаз по окраске живые неокрашенные семена отделялись от мертвых окрашенных.

Для опытов нам были еще предоставлены семена (*Aleurites cordata*) и (*Aleurites Fordii*) урожая 1932 г., которые давно потеряли всхожесть.

Обработанные индиго-кармином семена (*Al. cordata*) урожая 1932 г. окрасились очень интенсивно, а живые остались бесцветными.

Выработанный нами метод вполне совпал для обоих видов алеуритесовых (*Al. cordata* и *Al. Fordii*).

КОНЦЕН- ТРАЦИЯ	ALEURITES CORDATA		ALEURITES FORDII	
	ЖИВЫЕ	СЕМЕНА 32г.	ЖИВЫЕ	УБИТЫ В ТЕРМОСТАТЕ
1:600				
1:700				
1:800				
1:900				
1:1000				
1:2000				
1:3000				
1:4000				

Фиг. 2. Определение всхожести семян тунго методом окрашивания

Из всего полученного нами материала приводим только окончательные результаты, сведенные в трех таблицах.

Таблица 1

Определение всхожести семян тунгового дерева методом окрашивания.

Краска — индиго-кармин, продолжительность воздействия — 1 час. Абсолютная всхожесть, определенная путем проращивания, равна 89%

№ п. п.	Объект	Концентрация	Вариант	Окраска	Процент всхожести
1	<i>Al. cordata</i>	1:1 000	Живые	Светлоголуб.	83
2	" "	1:1 000	Убитые	Голуб.	0
3	" "	1:1 000	Сем. 1932 г.	Темноголуб.	0
4	" "	1:2 000	Живые	Бесцв.	87
5	" "	1:2 000	Убитые	Голуб.	0
6	" "	1:2 000	Сем. 1932 г.	Темноголуб.	0
7	" "	1:3 000	Живые	Бесцв.	90
8	" "	1:3 000	Убитые	Голуб.	0
9	" "	1:3 000	Сем. 1932 г.	Темноголуб.	0
10	" "	1:4 000	Живые	• Бесцв.	93
11	" "	1:4 000	Убитые	Голуб.	0
12	" "	1:4 000	Сем. 1932 г.	Темноголуб.	0

Таблица 2

Краска — индиго-кармин, продолжительность воздействия 1 час.

Абсолютная всхожесть, определенная путем проращивания, равна 96⁰/₁₀₀.

№ п.п.	Объект	Концентрация	Вариант	Окраска	Процент всхожести
1	<i>Al. Fordii</i>	1:1 000	Живые	Светлоголуб.	83
2	" "	1:1 000	Убитые	Голуб.	0
3	" "	1:2 000	Живые	Бесцв.	94
4	" "	1:2 000	Убитые	Голуб.	0
5	" "	1:3 000	Живые	Бесцв.	95
6	" "	1:3 000	Убитые	Голуб.	0
7	" "	1:4 000	Живые	Бесцв.	90
8	" "	1:4 000	Убитые	Голуб.	0

Из таблицы видно, что средняя всхожесть, определенная путем окрашивания семян для *Al. cordata*, равняется 85%, а для *Al. Fordii* — 91,7%.

Данные проращивания в оранжерее совпали с полученными путем окрашивания, и расхождения были очень незначительны, а именно — 5,4 и 3%, что является вполне допустимым.

Каждый раз бралось по 100 шт. семян, и при очистке щуплые и пустые семена в опыт не входили.

Приводимые в табл. 3 цифры также подтверждают выявленную закономерность.

Таблица

Краска — индиго-кармин, продолжительность воздействия 1 час

№ № л/п	Объекты	Концентрация	% всхож. семян после окрашивания	Убыток в термостате при 90—95°	Семена 1932 г.	Средний % всхож. семян по окрашиванию
1	<i>Al. cordata</i>	1:1 000	87	0	0	Для <i>Al. Cordata</i> 86
2	"	1:2 000	83	0	0	
3	"	1:3 000	90	0	0	
4	"	1:4 000	93	0	0	
5	"	1:1 000	88	0	—	
6	<i>Al. Fordii</i>	1:2 000	94	0	—	Для <i>Al. Fordii</i> 917
7	"	1:3 000	95	0	—	
8	"	1:4 000	90	0	—	

При работе с семенным импортным материалом быстрый метод определения всхожести имеет важное значение, так как ждать, пока семена взойдут обычным проращиванием, невозможно, поскольку это занимает много времени.

Нелишне отметить, сколько времени требуется для определения всхожести семян тунго путем окрашивания, через сколько часов можно распознавать качество посевного материала.

Выделить зародыши (100 штук) можно за 40 мин., 1 часа достаточно для окрашивания, 5 мин. — на промывку и 5 мин. — на подсчет. Таким образом через 2 часа можно установить всхожесть семян тунго путем окрашивания их индиго-кармином.

Выводы

1. Определение всхожести путем окрашивания особо важное значение имеет для семян тунго, поскольку эти семена требуют очень длительного срока для прорастания, и кроме того прорастают очень не дружно.

2. Краска индиго-кармин в концентрациях 1:2 000, 1:3 000 и 1:4 000 дает хорошие результаты и проценты всхожести, определенные путем проращивания и окрашивания индиго-кармином, близко совпадают.

3. Методика определения всхожести семян путем окрашивания индиго-кармином в течение 1 часа при концентрациях 1:2 000, 1:3 000, 1:4 000, является подходящей для обоих видов алеуритесовых.

При использовании этого метода (определения всхожести путем окрашивания) за 2 часа можно установить процент всхожести семян тунго.

Ботанический сад.

Батум.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нелюбов Д. Н., О способах определения всхожести помимо проращивания. Зап. по семеноведению, изд. Гл. ботсада, т. IV. вып. 7, 1935.
2. Шеффер-Сафонова, Определение всхожести семян древесных пород методом окрашивания, Ботан. журнал СССР, т. XIX, № 6, 1934.
3. Кравченко Г., Быстрое определение всхожести семян хвойных пород окрашиванием, Всесоюзный научно-исследовательский институт лесного хоз-ва и агроме-лиорации.
4. Левитин Х. З., Определение всхожести семян плодовых растений окрашиванием, Плодоовощное хоз-во, № 12, 1935.
5. Проценко Д. Ф. и Библина, Определение всхожести семян плодовых мето-дом окрашивания, Плодоовощное хоз-во, № 8, 1934.
6. Дорошенко А. В., Определение всхожести семян зонтичных культур методом окрашивания, Социалистическое растениеводство, серия А, № 7,
7. Матренко Т. Г., Быстрый способ определения всхожести семян методом окра-шивания в применении к хлебным и другим полевым культурам, Труды Сельхоз. опыти. учрежд. Северного Кавказа.

V. TSKHOIDZE. A RAPID METHOD FOR DETERMINING GERMINATION RATE OF TUNG SEEDS

SUMMARY

1. Determining of germination rate by staining is of special importance for the tung seeds since these seeds require very long time for germination and besides they germinate very unevenly.

2. The indigo-carmin dye as applied in concentrations of 1:2 000, 1:3 000 and 1:4 000 gives good results and the germination percentage determined by germinating and staining with indigo-carmin dye overlap nearly.

3. The methodics of determining germination rate of seeds by staining with indigo-carmin dye of 1:2 000, 1:3 000 and 1:4 000 concentrations for 1 hour is suitable for both varieties of *Aleurites* (*A. fordii* and *A. cordata*).

4. When using this method (i. e. determination of germination rate by staining) the germination percentage of tung seeds may be found within 2 hours.

В. ЦХОИДЗЕ

ОБ УСКОРЕНИИ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН ПАЛЬМЫ И САЛЬНОГО ДЕРЕВА

(Представлено академиком А. А. Рихтером)

Семена китайского сального дерева имеют очень крепкую оболочку, покрытую слоем сала. Проникновение воды внутрь семян крайне затруднено, вследствие чего семена долго не прорастают. Обработка посевного материала серной кислотой частично растворяет оболочку и, устраняя препятствие к проникновению воды в семена, ускоряет их прорастание.

В тематическом плане отдела физиологии Батумского субтропического сада на 1935—1937 гг. предусмотрена тема по изучению физиологии семян ценных технических и декоративных субтропических пород. Тема разрабатывается комплексно с отделом интродукции, предполагается изучить условия хранения, прорастания и продолжительность жизнеспособности для тех семян, которые быстро теряют всхожесть или по разным причинам долго не прорастают.

Среди намеченных культур в первую очередь взяты семена китайского сального дерева или *Sapium sebiferum* (стелингия). Значение и ценность сального дерева известны давно, но физиология семян, условия их хранения, прорастания, продолжительность жизни их еще совершенно не освещены.

„Культура сального дерева *Sapium sebiferum* (стелингия) является высокоценным комплексным техническим экзотом и служит богатейшим источником растительного сырья: твердого растительного жира, быстро-сохнущего масла и черной краски. Кроме того, сальное дерево может послужить подвоем для высокоценного каучуконосного растения *Sapium verum*“ (С. Г. Гинкул, „Советские субтропики“, февр., 1935 г.).

Семена китайского сального дерева имеют очень крепкую оболочку, которая покрыта слоем сала. Проникновение воды внутрь семян крайне затруднено, вследствие чего семена долго не прорастают (2—3 мес.).

Задачей наших исследований явилось изучение возможности устранить это препятствие. Мы пользовались семенами нашего сада

урожая 1934 г. Прежде всего мы поставили опыты на всхожесть их при различной температуре, но пришли к выводу, что один температурный фактор не может иметь решающего влияния. После этого мы решили применить метод предпосевной обработки химическими реагентами (H_2SO_4 и NaOH).

Семена китайского салъного дерева (*Sapium sebiferum*) выдерживались определенное время в растворах кислоты или щелочи, после чего переносились на Бухнеровскую воронку и под краном быстро промывались холодной водой (следует промывать очень быстро, чтобы воспрепятствовать повышению температуры, которая обычно выделяется при разбавлении крепких кислот и щелочей). После этого семена помещались в обыкновенные марлевые мешочки, которые опускались в банку и проточной водой промывались в течение 18—20 час. Таким образом обработанные семена высевались в оранжерее в песке, где температура колебалась от 15 до 20° С. Дальнейшая работа заключалась в том, что велось наблюдение за всходами.

Табл. 1 и фиг. 1 показывают результат первого опыта (дата 28/III, объект — *Sapium sebiferum*, химический реагент H_2SO_4).



1

2

3

4

5

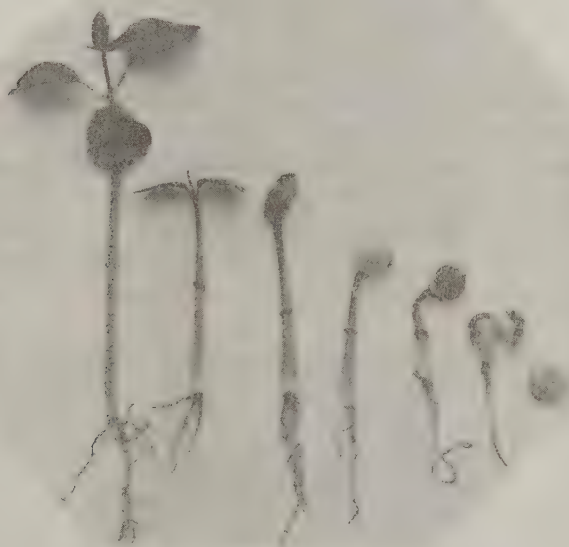
Фиг. 1.

Таблица 1

Концентрация	Продолжительность	Колич. семян.	Начало всходов	Полная всхожесть	Проп. всходов
100%	3 ч.	100	16/IV	26/IV	68
50%	3 ч.	100	16/IV	—	13
25%	3 ч.	100	3/V	—	11
H_2O	21 ч.	100	3/V	—	3
Сухие семена	—	100	6/V	—	4

Помимо того что всходы появились раньше у обработанных семян (в концентрированной кислоте в течение 3 час.), они проросли дружнее и в процентном отношении были несравненно выше контрольных. Когда у первого справа сосуда появились листья второго порядка, у последних, т. е. у контроля, появились лишь первые всходы.

Первый же опыт убедил нас в том, что семена китайского сального дерева (*Sapium sebiferum*) прекрасно реагируют на обработку крепкой серной кислотой ускорением прорастания и более дружными



Фиг. 2. Различные фазы прорастания семян сального дерева

всходами: через полтора месяца после посева растение имело длину 10—12 см (фиг. 1, сосуд 1). Когда прошел этот срок, их можно было вполне безопасно распикировать, так как корневая система к тому времени была уже достаточно хорошо развита.

Следующий опыт подтвердил, что обработанные семена всходят быстрее и имеют повышенную всхожесть (дата 22/IV, объект *Sapium sebiferum*, химический реагент H_2SO_4) (см. табл. 2 на стр. 154).

В некоторых опытах семена обрабатывались не кислотой, а щелочью (NaOH), продолжительность воздействия 24 и 48 часов, при концентрации от 10 до 75%. При этом получалось омыление жира, и верхний слой семян уже не служил препятствием к проникновению воды.

Таблица 2

Концентрация	Продолжительность	Колич. семян	Начало всходов	Полная всхожесть	Проп. всходов
100	4 ч.	50	9/V	23/V	66%
100	2 „	50	—	—	52%
50	4 „	50	—	—	0
25	4 „	50	—	—	0
—	—	50	—	—	0

Полные всходы получались через полтора месяца при концентрации 75% NaOH. Щелочь более низкой концентрации реагировала еще слабее даже при продолжительности воздействия в 48 час.

В дальнейших опытах взяты растворы серной кислоты в следующих концентрациях: концентрированная (уд. вес 1.84) — продолжительность 5 час., при концентрации 75 и 50% — продолжительность воздействия та же (фиг. 1—3, табл. 3) (дата 28/IV, объект — *Sapium sebiferum*).



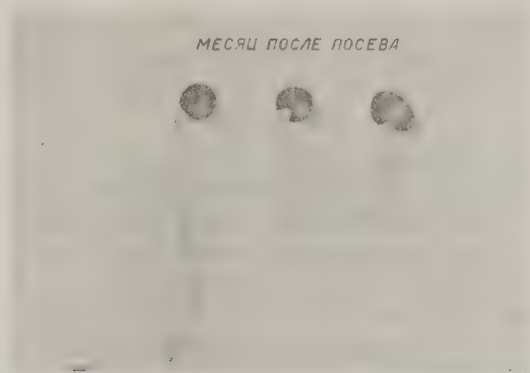
Фиг. 3.

Таблица 3

Хим. реаг.	Концентрация	Продолжителн.	Колич. семян.	Начало всходов	Полная всхожесть	Проп. всходов
H ₂ SO ₄	100	5 ч.	50	9/V	23/V	58
„	75	5 „	50	11/V	—	60
„	50	5 „	50	—	—	44
сухие	—	—	50	—	—	0

Кроме китайского сального дерева в опыты были взяты и семена пальмы (*Chamaerops humilis*).

У обработанных концентрированной кислотой (уд. вес 1.84) семян в течение одного часа всходы появились на 12-й день. Обычно же семена пальмы всходят через $3\frac{1}{2}$ —4 мес. при высокой температуре (27 — 30°C).



Фиг. 4. Обработка семян *Chamaerops humilis* H_2SO_4

Испытывались и семена тунгового дерева, но они на такую обработку реагировали отрицательно.

Настоящая работа по протравливанию семян является ориентировочной.

На основании приведенного фактического материала считаю возможным сделать следующие предварительные выводы.

100 %	1 ЧАС.	30 МИН	15 МИН	КОНТРОЛЬ.

Фиг. 5. Ускорение прорастания семян пальмы *Chamaerops humilis* путем предпосевной обработки

1. Обработка посевного материала серной кислотой для семян китайского сального дерева ускоряет прорастание, и всходы появляются дружнее, при этом достаточно брать кислоту крепостью 50% со сроком воздействия в 5 час.

2. Ускоренное прорастание обработанных таким образом семян происходит вследствие частичного растворения оболочки их под влиянием

кислоты, чем устраняется препятствие к проникновению воды в семена.

3. Применяемый метод (обработки посевматериала серной кислотой) вызывает ускоренное прорастание семян тех субтропических культур, которые в обычных условиях долго не дают всходов.

Ботанический сад.

Батум.

V. TSKHOIDZE. HASTENING THE SPROUTING OF THE SEEDS OF THE PALM TREE AND THE TALOW TREE

SUMMARY

The subject of this work was an investigation into the possibility of the hastening the sprouting of the seeds of the palm tree and the tallow tree (*Stillingia*). The seeds of the Chinese tallow tree, a most valuable technical exotic plant are well known for their very hard testa covered with a layer of vegetable tallow. The penetration of water into the seeds is therefore hindered, thus considerably delaying their sprouting (2—3 months). To hasten their sprouting, the author preliminarily treated the seeds with chemical reagents, namely, with sulphuric acid (H_2SO_4) and caustic soda ($NaOH$). The seeds of the tallow tree (*Sapium sibiricum*) were kept for a definite period of time in acid or alkali solutions, and afterwards quickly washed in a Buchner funnel under a cold water tap. The seeds were then put in ordinary gauze bags and immersed in a bath, where they were again washed during 18—20 hours by running water. After treatment, the seeds were planted in sand in a green-house wherein the temperature fluctuated between 15 and 20° C.

As observations of the sprouting showed us, the seeds after a three hours treatment with 100% sulphuric acid sprouted much earlier than the controls: when leaves of the second order had already developed in the first vessel, the controls were only just sprouting. One and a half month after planting the whole plant was 10—12 cm long and had a well developed root system. The seeds of the Chinese tallow tree thus show a most favourable reaction to treatment with strong sulphuric acid.

In some tests, the seeds were treated with alkali ($NaOH$), the tallow surface being saponified and ceasing to be a barrier for the penetration of water into the seed. When treated with a 75% solution of alkali, the seeds fully sprouted in one and a half months after planting. Alkali solutions of weaker concentrations reacted more feebly even during exposures of 48 hours duration.

Palm seeds (*Chamaerops humilis*) after treatment with sulphuric acid of specific weight 1.84 sprouted on the 12-th day, while under usual conditions they sprout in 3.5—4 months at high temperatures (27—30°C).

Seeds of the *Alleurites* give, when treated even with a 25% sulphuric acid, negative results: they rot when planted. Investigations in this direction, however, have not been completed.

М. М. ТУШИЯКОВА и М. А. ВАСИЛЕВСКИЙ

ОПЫТЫ ПО ОБЛУЧЕНИЮ СЕМЯН И КЛУБНЕЙ РАСТЕНИЙ
ЛУЧАМИ РЕНТГЕНА

(Представлено академиком Г. А. Надсоном)

В основе настоящего исследования лежала главным образом практическая задача найти, если возможно, соответствующие дозы рентгеновских лучей, чтобы вызвать стимуляцию роста и развития, а также сокращение вегетационного периода у ряда сельскохозяйственных растений. Опыты, начатые в 1932 г. в лабораторных условиях, продолжались в последующие годы в полевых условиях. В качестве опытных растений были взяты: чуфа, соя, синий люпин, дыня, мексиканский томат и пр. Облучению подвергались семена и клубни.

Результаты таковы: при определенных дозах рентгеновских лучей чуфа, соя, люпин показали сокращение фаз развития от 6 до 12 дней, более высокий рост и продуктивность (чуфа), повышение энергии созревания в $1\frac{1}{2}$ —2 раза (дыня). Повидимому метод воздействия на растения малыми дозами рентгеновских лучей должен найти широкое применение в практике сельского хозяйства в особенности в отношении овощных и кормовых культур (с мелкими семенами) с целью их продвижения в более северные районы.

Уже вскоре после открытия лучей Рентгена было отмечено своеобразное свойство их воздействовать на растительные и животные клетки и ткани. В отношении растительных организмов имеется целый ряд чрезвычайно демонстративных доказательств такого воздействия.

Начиная с 1897 г. и по настоящее время Matoux, Guitminot, Koernike, Wetterer, Halberstaedter, E. Schwarz, Simons, Jüngling, экспериментируя с растениями, указали, что имеется задержка роста при определенной дозе рентгеновских лучей, причем степень задерживающего действия прямо пропорциональна интенсивности последних. При освещении семян растений малыми дозами рентгеновских лучей, раздражающее, т. е. усиливающее рост действие наблюдали Wolfenden, Kust, E. Schwarz, Rochlin, Simons, Halberstaedter, Jüngling и многие другие, причем большинство отмечает, что, чем радиочувствительнее данное растение, тем меньшая доза требуется для раздражающего эффекта, другими словами, величина раздражающей дозы обратно пропорциональна радиочувствительности.

Из опытов Halberstaedter и Simons следует, что для пшеницы доза, даже превышающая 5 Н. Е. D., может все еще вызвать раздражение, в то время, как с конскими бобами раздражение можно получить дозой только до 5 Н. Е. D.

Altmann, Gleichgewicht и Rochlin удалось проследить стимулирующее действие рентгеновских лучей и гистологически. Но тем не менее еще до сих пор много споров вызывает вопрос о том, применим ли к рентгеновским лучам закон Arndt-Schultz'a, гласящий, что малые дозы возбуждают жизнедеятельность клеток, средние тормозят, а большие парализуют и убивают клетку. По этому вопросу имеется два направления. Гольцкнехт и его школа находят, что этот закон неприменим к действию рентгеновских лучей. М. Френкель, Smidt, Jüngling, Altmann, E. Schwarz и многие другие придерживаются противоположного взгляда и утверждают, что закон этот вполне применим к рентгеновским лучам.

Правда, за последнее время школа Гольцкнехта как будто начала признавать наличие раздражающего действия малых доз рентгеновских лучей, но приходит она к этому своим путем: она считает это действие не прямым, а результатом гибели некоторых элементов в тканях, которые задерживали развитие других элементов. Особенно убедительны опыты Koenike и Schwarz'a с семенами *Vicia Faba*, которыми им удалось доказать применимость закона Arndt-Schultz к рентгеновским лучам. Означенные авторы подвергали семена *Vicia Faba* в состоянии покоя действию рентгеновских лучей, причем оказалось, что эти семена дают ростки быстрее, чем те семена, которые не освещались, кроме того, сами растения, вышедшие из этих семян, развиваются быстрее, чем растения, вышедшие из семян не облученных. Это ускорение роста наблюдалось лишь при освещении небольшими дозами рентгеновских лучей. Напротив, при облучении более значительными дозами рентгеновских лучей наблюдалось уже ясное замедление роста. Наконец, когда освещение производилось большими дозами рентгеновских лучей, семена или совсем не прорастали или давали карликовые и нежизнеспособные растения. Различный эффект, получающийся от действия рентгеновских лучей на клетки растительного и всякого другого организма, обуславливается многими факторами; прежде всего биологический эффект зависит от количества рентгеновских лучей, которое получила данная клетка. Другим не менее существенным фактором является далеко неодинаковая чувствительность разного рода растительных клеток к рентгеновским лучам. Немалую роль играют те побочные условия, в которых находится растительный организм в момент воздействия на него рентгеновских лучей. Стадия прорастания, продолжительность предварительного замачивания семян — все это оказывает существенное влияние на биологический эффект, который следует за воздействием рентгенов-

ских лучей. В важности и правильности изложенных фактов мы убедились, рентгенизируя в Институте сои семена сои, гороха, чумы, чины, периллы и др. Оказалось, что семена сои в сухом и намоченном состоянии наиболее устойчивы в отношении рентгеновских лучей. Дозы последних, которые потребовались для того, чтобы вызвать торможение роста у сои, намного превышали те дозы, которыми мы у других культур получали паралич и смерть клеток. Нам удалось на большинстве из перечисленных выше культур доказать, что закон Arndt-Schultz применим к рентгеновским лучам.

Предметом настоящего сообщения являются, в первую очередь, опыты по отысканию дозы Р. л., стимулирующей рост чумы, к описанию которых мы и перейдем.

Чума как материал для данных опытов была взята нами, исходя из следующего расчета. Как известно, она является обитателем юга и требует длинного периода вегетации. Перспектива стимулировать рост чумы при помощи лучей Рентгена и вызвать укорочение вегетационного периода, другими словами, найти пути продвижения чумы в более северные районы казалась нам заслуживающей внимания.

Второе соображение, из которого мы исходили при выборе материала для опытов, было таково: чума, как правило, не приносит семян и размножается вегетативно, при помощи клубеньков или, вернее, корневища, которое является дорогим материалом промышленного потребления, следовательно, посадочный материал берет ежегодно довольно значительную, лучшую по качеству часть промышленных ресурсов. Одной из целей наших опытов было заставить чуму перейти на половой способ размножения без понижения способности клубнеобразования. Переход от вегетативной к генеративной фазе размножения здесь очень важен, так как он открывает возможность применения методов синтетической селекции, что повлечет за собой увеличение сортового разнообразия материала.

Вот каковы были предпосылки наших опытов, проведенных вне плана. Переходя к их описанию, необходимо отметить, что данные опыты являются только ориентировочными, в силу чего и не могут претендовать на исчерпывающую полноту. Всего в лабораторных условиях было поставлено четыре опыта. Первый опыт был заложен 7 ноября 1932 г. В качестве материала были взяты два образца чумы № 4 и 7 из селекционного отдела. 80 клубеньков каждого образца были разделены на 4 партии, по 20 в каждой. Одна являлась контролем, другая облучалась в течение 5 мин., следующая облучалась 10 мин. и последняя 15 мин. Опыты проводились на аппарате Koch und Sterzel с трубкой Кулиджа и алюминиевым фильтром 0.5. Предварительное замачивание — 48 час. К сожалению, материал оказался сильно засоренным (в отношении грибной флоры) и мало всхожим. Проросли только единичные экземпляры — 1,2, в некоторых случаях

3 клубенька из каждой партии. При таком малом количестве опытных растений продолжать опыт не представлялось целесообразным, и он был оставлен. Было однако замечено, что облученные растения росли быстрее контроля, особенно те, которые облучались в течение 15 мин. Растения просуществовали 1½ мес., причем облученные растения по отношению к контролю все время сохраняли разницу в росте.

Опыт был повторен с теми же самыми образцами, причем клубеньки были тщательно отобраны. Большая часть растений этого опыта погибла вследствие несчастной случайности через 25 дней после начала опыта. Но и в течение этого времени можно было установить, что облученные растения подвигались в росте быстрее, чем контрольные, особенно получившие III дозу облучения (15 мин.). Что касается прорастания, то клубеньки, получившие III дозу, по сравнению с контролем и клубеньками, облученными в течение 5 мин., несколько отставали.

Опыт был повторен третий раз 5.I 1933 г. с чужой урожая 1932 г. (Херсон), полученной из Сектора интродукции. Условия опыта были те же самые, что и прежде, только дана была еще IV доза в 20 мин. облучения. Предварительное замачивание — 48 час. Для опыта было отобрано 60 клубеньков; из них 12 отложено на контроль, 12 получили I дозу, 12 — II, 12 — III и 12 — IV.

Начало прорастания, зарегистрированное 10.I, шло таким темпом.

Таблица 1

Д о з ы	Колич. взят. клубеньк.	Количество проросших клубеньков по дням						
		10 январ.	11 январ.	13 январ.	14 январ.	15 январ.	16 январ.	17 январ.
Контроль	12	4	6	12				
Доза I — 5'	12	5	7	12				
„ II — 10'	12	1	3	7	9	12		
„ III — 15'	12	1	2	6	9	12		
„ IV — 20'	12	—	1	3	5	7	10	12

Таким образом растения, освещенные лучами Рентгена в течение 10, 15 и 20 мин., несколько отставали в темпах прорастания от контроля.

21.I проростки были пересажены в горшки и ящики. Через две недели после высадки резко выявилась разница в росте контрольных и облученных растений, именно: контрольные сильно отставали. Из облученных растений быстрее в росте подвигались те, которые освещались

щались лучами Рентгена 15 мин. и медленнее всех — которые были облучены в течение 20 мин. Из этого можно было заключить, что оптимум при данных условиях лежит в III дозе, или близок к ней.

4/III 1933 г. растения этого опыта были сфотографированы. Как показывает фигура, разница в росте контрольных и облученных растений достаточно показательна. Растения, получившие IV дозу, на данной фотографии не представлены, так как несколько ранее выбыли из строя. Вскоре после фотографирования, контрольные растения начали желтеть и затем погибли. Опыт продолжался около 3 месяцев.



Контроль

Доза I

Доза II

Доза III

Опытные растения, сфотографированные ровно через два месяца после начала опыта (опыт III по рентгенизации чумы)

Опыт четвертый был поставлен 15/II 1933 г. с образцами чумы № 7 и 4, как три первых, при тех же условиях. Результаты его несколько отличаются от трех первых опытов, именно: здесь показали усиленный рост растения, получившие не III, а I дозу — в 5 мин. облучения. Это объясняется тем, что рентгенизация растений этого опыта производилась после 94-часового (вместо 48 час.) замачивания, т. е. в стадии, когда клубеньки близки были к прорастанию, и потому для проявления стимулирующего эффекта потребовалась уже меньшая доза рентгеновских лучей. Это последнее подтверждает важность того положения, что результаты рентгенизации зависят от многих факторов. Одна и та же доза рентгеновских лучей на один и тот же материал может оказать различное действие, в зависимости от состояния материала и условий опыта.

В том же 1933 и позже в 1934 и 1935 гг. опыты ставились в полевых условиях. В качестве объектов были взяты соя, люпин (синий), чуфа, дыня и мексиканский томат. Опыты с чуфой и соей проводились в Закавказье, а с остальными объектами — на Украине (Красноградская опытная станция). Условия опыта с чуфой были аналогичны таковым в лабораторных небольших экспериментах, только увеличено время экспозиции, потому что клубеньки были облучены в сухом состоянии, а следовательно они были менее чувствительны к действию рентгеновских лучей, на что и была сделана соответствующая поправка. К сожалению, вышло довольно мало растений, вследствие, повидимому, неблагоприятных условий погоды (засуха), а может быть также вследствие не совсем доброкачественного материала. Разницы во времени созревания, как показывает табл. 2, у контрольных и подвергавшихся облучению растений не обнаружено. Но растения с облучением в 35 мин. резко выделялись по высоте и мощности развития. Они же показали высшую продуктивность и сокращение периода вегетации на 6 дней (табл. 2).

Таблица 2

Опыты по облучению клубеньков чуфы

№ делянки	Обозначение времени облучения и дозы в "г"	Всходы			Равномерность всходов	Созревание		Число растений на делянке	Средняя высота (в см)	Вес урожая с делянки (в г)	Средний вес (с растения)
		посев	начало	большинство		начало	большинство				
6	Kontrol	4.V	7.VI	21.VI	Неравн.	19.X	31.X	14	46	727	51.9
7	15'—2700	"	21.VI	25.VI	"	"	"	8	34.6	384	48
8	25'—4500	"	"	27.VI	"	"	"	17	42.3	707	41.6
9	35'—6300	"	"	"	"	"	"	23	51.7	1224	53.2
10	45'—8100	"	"	25.VI	"	"	"	16	44.7	194	12.1

Что касается опыта с облучением семян сои (табл. 3), то здесь бросается в глаза растянутость созревания контрольных растений по сравнению с облученными при облучении 15' и 25'. В то время как диапазон созревания контрольных растений, если можно так выразиться, равен 16 дням (с 20/IX по 6/X), то у растений, облученных 15' и 25', он укладывается в 7 дней (с 18/IX по 25/IX), причем по сравнению с контролем, если считать по полному созреванию, мы имеем сокращение вегетационного периода на 11 дней. Мы не будем пока касаться данных о высоте растений, весе семян и пр. контрольных и облученных растений сделав только краткий экскурс в интересующем нас

Таблица 3

Опыты по облучению семян сои

№ деленок	Обозначение времени облучения и дозы в "г"	Время цветения		Отцветание	Созревание			Число растений на деланку	Средняя высота (в см)	Вес зерна с деланки (в г)	Средний вес зерна (с растения)
		начало	большинство		начало	большинство	полное				
1	Kontrol	24/V II	27/VII	16/VIII	20/IX	25/IX	6/X	97	97.3	540	5.5
2	8'—1440	"	"	"	"	"	2/X	76	86.6	1 140	15
3	15'—2700	"	"	"	18/IX	20/IX	25/IX	66	94	870	13.2
4	25'—4500	"	"	"	18/IX	20/IX	25/IX	83	84.6	950	11.4
5	30—5400	8/VII	"	"	25/IX	28/IX	2/X	57	92.6	1 388	24.3

направлении. Все остальные вопросы будут обсуждаться в дальнейшем когда все наши опыты будут подытожены и учтены.

Переходим к опыту с синим люпином. Семена облучались в сухом состоянии, как впрочем это было и во всех полевых опытах с другими объектами. Число семян как в контроле, так и в партиях, подвергавшихся облучению, достигало 100. В графе 10 табл. 4 указаны

Таблица 4

Опыты по облучению семян синего люпина

№ деланки	Обозначение времени облучения и дозы в "г"	Всходы		Равномерность	Цветение		Созревание		Число растений на деланке	Средняя высота растений
		начало	большинство		начало	большинство	начало	большинство		
110	Kontrol	5/V	4/VI	Нарав.	13/VII	21/VII	17/VIII	15/IX	70	37.1
111	10'—1800	4/V	"	"	5/VII	13/VII	7/VIII	3/IX	68	34
112	20'—3600	"	"	"	"	"	"	"	67	36.3
113	30'—5400	"	"	"	"	"	"	"	48	36.7

только числа взошедших растений на каждой деланке. Как видно из таблицы, имеется разница в поведении контрольных и облученных растений, именно: последние расцвели и созрели скорее (считая по большинству) нежели контрольные. В данном случае большинство растений, семена которых были облучены, созрели на 12 дней раньше контроля. Отсутствие какой-либо разницы между облученными расте-

ниями разных доз в отношении сокращения вегетационного периода, повидимому, нужно отнести за счет того, что облучение не было соответствующим образом дифференцировано для настоящего объекта. Это вполне возможно, так как опыт ставился с этим растением впервые, без каких-либо предварительных наметок.

Следующий опыт был поставлен с американской дыней Роккифорд. Закончить этот опыт не удалось, так как 17/IX 1934 г. температура снизилась до -4°C , в результате чего все растения померзли.

Так как нас и в данном случае больше всего интересовал вопрос о сокращении вегетационного периода, то наша таблица, отражающая неполные данные опыта с этим растением, все же дает представление о том, как реагирует дыня на облучение. В табл. 5 мы приводим

Таблица 5

Опыты по облучению семян американской дыни Роккифорд

№ делян-ки	Обозначение времени облучения и дозы в „г“	Колич. растен. на делянке	Колич. плодов на делянке	Созревание, 1-й этап 3/IX—10/IX	Проц. созревания плодов на делянке	Созревание за период	Проц. созревших плодов
1	Kontrol	21	56	3/IX—10/IX	23	3/IX—17/IX	46.4
2	5'—900	19	35	„ „	42.8	„ „	62.3
3	10'—1800	21	55	„ „	16.3	„ „	18.2
4	15'—2700	18	45	„ „	11.1	„ „	26.8
5	20'—3600	21	42	„ „	21.4	„ „	40.4
6	27—'4860	22	33	„ „	10.5	„ „	23.6

только данные по неоконченному созреванию. Началось созревание 3/IX и прервано морозом 17/IX, иначе говоря, оно продолжалось 14 дней. Учесть сокращение вегетационного периода конечно не представилось возможным. Оставался единственный путь к разрешению этого вопроса — именно через учет энергии созревания. Для этого нами учитывался процент созревших дынь на делянку в среднем в первую половину созревания (7 дней) и затем за весь период в целом (14 дней). В первые семь дней созревания процент созревших дынь у контроля достиг 23, в то время как растения, семена которых получили первую дозу облучения 5 мин., дали 42.8%, т. е. почти вдвое выше (табл. 5). Затем идет резкое снижение у облученных растений, получивших более высокие дозы, причем это снижение не идет последовательно, а в дозе IV делает резкий вольт вверх, чтобы затем опять опуститься. Такая картина повторяется и при учете за весь период созревания. Уже из этих неполных данных с известным правом можно

сделать заключение, что растения, облученные I дозой, созревают скорее контроля, ибо энергия созревания их гораздо выше, чем у последнего. Аналогичные данные мы получили и с мексиканским томатом. Созревание здесь также шло гораздо интенсивнее у облученных растений (при определенной дозе), чем у контроля, число плодов на растение и вес их были также выше.

Обсуждение

В то время как задерживающее и угнетающее действие рентгеновских лучей в больших дозах на организм никем не оспаривается, в вопросе о стимулирующем или раздражающем действии малых доз рентгеновских лучей, несмотря на значительное количество исследований, еще до сих пор нет согласия мнений. Однако никто из работавших в этой области не отрицает, что этот вопрос является одним из самых интересных в современной рентгенологии не только в теоретическом отношении, но и в виду его громадного значения для целей практики. Обсуждение его в последние десятилетия не сходит со страниц биологических и медицинских журналов и касается не только вопросов техники, но и затрагивает вопросы глубокого теоретического порядка. Стихийно диалектический закон Arndt-Schultz вызвал особенно оживленный обмен мнений и привел к образованию двух школ — *pro et contra*. Последняя (школа Гольцкнехта) еще до сих пор не пришла к признанию этого закона, в основе которого лежит глубокий принцип диалектики, сформулированный еще Гегелем „переход количества в качество“.¹ Большинство ученых приходит к признанию или отрицанию закона Arndt-Schultz только на основании своих удавшихся или неудавшихся опытов, совершенно не касаясь философского обоснования вопроса. Так например, Гамбаров, Комуго, Martius, исходя из результатов своих опытов, пришли к выводу, что рентгеновские лучи, даже в минимальных дозах, вызывают повреждение и задержку роста. Другие (Iven, Sierp и др.), не отрицая стимулирующего действия лучей Рентгена, считают, что это явление носит временный характер. И, наконец, третьи утверждают, что вопрос о стимулирующем действии малых доз лучей Рентгена должен быть решен в положительном смысле. Так, академик Надсон, много работавший в этой области и получивший блестящие результаты в своих опытах, формулировал правило как закономерность общего характера, что ультрафиолетовые лучи, лучи Рентгена и радия в определенных дозах ускоряют темп жизни и ход развития организма. Путем ряда опытов ему удалось вызвать бурный темп почкования

¹ „Превращение количества в качество, количественное изменение изменяет качество. Этого никогда и не нюхали эти господа!“ (Энгельс, Диалектика природы. Книга вторая).

дрожжей, причем им было замечено, что эта способность передается по наследству на несколько поколений (длительные модификации). Рохлин и Рохлина установили факт стимулирующего действия малых доз лучей Рентгена на процессы регенерации у растений.

Опытами Дорошенко констатируется стимулирующее действие рентгеновских лучей в определенных дозах на ряде зерновых культур (овес, просо, рапс). Оно выразилось как в большой кустистости, высоте и мощности облученных растений, так и в ускорении фаз развития от 7 до 14 дней. В опытах с озимым рапсом того же автора рентгенизация малыми дозами, кроме мощности развития, вызвала еще другую особенность у облученных растений. Именно, в то время как контрольные растения в течение всего периода находились на стадии розетки, у облученных 18—20/VIII отмечено образование стеблей, давших соцветия. Следовательно по характеру развития облученные малыми дозами рентгеновских лучей растения изменяли своей „озимой природе“, выражаясь в терминах до работ Лысенко.

Приведенные результаты вышеупомянутых авторов дают демонстративное доказательство в пользу стимулирующего действия рентгеновских лучей и его экономической эффективности; результаты опытов Дорошенко оттеняют особую значимость применения метода воздействия малыми дозами рентгеновских лучей в близкой нам области растениеводства.

Самым трудным делом в опытах подобного рода является установление дозировки, подходящей для данного организма при данных условиях. Этим возможно и объясняется неудача некоторых опытов, повлекшая за собой разноречивость мнений о стимулирующем действии рентгеновских лучей.

Проф. Неменов, не отрицая по существу стимуляции роста при облучении малыми дозами рентгеновских лучей, следующим образом объясняет их раздражающее действие. „Под влиянием рентгеновских лучей — говорит он — в зависимости от дозы, более или менее быстро истощаются жизненные силы клетки, она быстро стареет и погибает, как при естественной смерти“. И далее: „Освещенные определенной дозой ростки лишь быстрее проходят свой жизненный путь, истощают быстрее свою жизненную энергию, обнаруживают волну прогрессивного развития, чтобы затем более или менее скоро погибнуть, отжить свой век“.

Пессимистичные, казалось бы, слова, вопреки автору, не содержат отрицания значения этого метода для растительных объектов. Суть в том, что как врач, имея дело только с человеческим организмом, где невыгодно быстрое старение, он с той же точки зрения расценивает и растительный организм, где иные условия и иная конституция, и еще, мы прибавим, иные требования. Его выражение: „отжить свой век быстрее“ в области растениеводства аналогично выражению

„укорочение вегетационного периода“, что во многих случаях является целью селекционера. А если это так, то метод воздействия малыми (понимая относительно) дозами рентгеновских лучей, метод, вызывающий ускорение развития у растений, должен найти себе широкое применение в области растениеводства (форсирование кормовых, овощных и др. культур, передвижение южных культур на север и т. д.).

На съезде рентгенологов в Москве в 1931 г. было сообщено из Иваново-Вознесенска о массовом освещении огуречных семян малыми дозами рентгеновских лучей, что повлекло за собой ускорение в развитии, больший вес и объем полученных огурцов.

Приблизительно такого же рода сообщения были доложены и из Ташкента относительно освещения малыми дозами рентгеновских лучей хлопковых семян.

Это указывает, что освещение семян, а в некоторых случаях и клубней растений малыми дозами рентгеновских лучей для получения стимулирующего эффекта приобретает уже практическое значение.

Институт зернобобовых.
Москва.

ЛИТЕРАТУРА

1. Adelfang (цитир. по журн. Вестник Рентгена, 1928 г.).
2. Воскресенский, Передача по наследству ускоряющего действия X-лучей, Труды Всесоюзного съезда по генетике, селекции, семеноводству, т. XI.
3. Гамбаров, Раздражающее действие рентгеновских лучей, Вестник рентгенологии и радиологии, т. III, в. 6.
4. Ефимов, О биологическом действии рентгеновских лучей, Съезд рентгенологов 1925 г. и „Успехи экспериментальной биологии“.
5. Заварзин и Стрелин, К вопросу о биологическом действии рентгеновских лучей, Вестник рентгенологии и радиологии, 1928, вып. 3.
6. Комуго, Н. Cytological and physiological changes in *Vicia Faba* irradiated with Röntgen rays, Botanical gazette, № 77, 1924.
7. Levy-Dopn, Цитир. по „Вестнику рентгенологии и радиологии“ 1926, № 4.
8. Надсон и Филиппов, О влиянии рентгеновских лучей на половой процесс у плесневелых грибов, Вестник рентгенологии и радиологии, т. III, вып. 6.
9. Надсон и Филиппов, О возбуждающем действии ультрафиолетовых лучей на развитие дрожжевых грибов. Вестник рентгенологии и радиологии, 1927, вып. 6.
10. Неменов М. И., К критике современных взглядов на биологическое действие рентгеновских лучей, Вестник рентгенологии и радиологии, т. III, вып. 5.
11. Оксенов, Чарльз Дарвин и теория эволюции. Вестник, рентгенологии и радиологии, т. XI, вып. 2, 1932.
12. Рохлин и Рохлина, К вопросу о биологическом влиянии рентгеновских лучей Съезд рентгенологов, 1925.
13. Wetterer, Beitrag zum Kenntnis der biologischen Wirkung der Röntgenstrahlen auf das Wachstum der Pflanze. Deutsch. Med. Wochenschrift, 1912.
14. Дорошенко, Влияние рентгенизации на длину вегетационного периода у растений, Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции, т. XXIII, № 2, 1929—1930.

M.TUSCHNIAKOWA UND M. WASSILEWSKIJ. VERSUCHE DER BESTRAHLUNG VON SAMEN UND KNOLLEN DER PFLANZEN MIT RÖNTGENSTRAHLEN**ZUSAMMENFASSUNG**

Die Aufgabe der vorliegenden Untersuchung war die Stimulation des Wachstums und der Entwicklung einer Reihe von landwirtschaftlichen Pflanzen mittels Anwendung der Röntgenstrahlen (in kleinen Dosen). Wir besitzen schon eine umfassende Literatur über diese Frage, was für die Bedeutung dieses Problems vom Standpunkt der Theorie und Praxis zeugt. Wie es aus einer Reihe von Arbeiten auf diesem Gebiet hervorgeht, besteht unter den Forschern eine grosse Verschiedenheit der Meinungen in der Frage nach der stimulierenden Wirkung kleiner Dosen von Röntgenstrahlen. Die Einen behaupten, dass die Röntgenstrahlen in beliebiger Dosis zerstörend auf den Organismus wirken, die Andern sind der Meinung, daß kleine Dosen von Röntgenstrahlen eine Stimulation des Wachstums und der Entwicklung der Gewebe zur Folge haben, manche stellen die stimulierende Wirkung kleiner Dosen nicht in Abrede, aber halten dieselbe jedoch für vorübergehende und deshalb von keiner besonderen Bedeutung, endlich haben wir die auf Experimenten beruhende, tief durchdachte Theorie Arndt-Schultzes, welche lautet, dass die Röntgenstrahlen in Abhängigkeit von der Dosis verschieden auf den Organismus wirken. Unsere ersten Versuche in dieser Richtung waren im Winter 1932 begonnen. Als Versuchspflanze wurde *Cyperus esculentus* L. gewählt, eine neue südliche Kulturpflanze, die sich in unserem Süden eine grosse praktische Bedeutung zu erobern beginnt. Der Bestrahlung wurden Knollen unterworfen, die vorher während 48 St. im Wasser geweicht waren. Ein Teil der Knollen wurde im Verlauf von 5 Min. bestrahlt—die erste Dosis,—der andere im Verlauf von 10 Min.—die zweite Dosis—und der dritte im Verlauf von 15 Min.—die dritte Dosis. Es wurde beobachtet, dass im Vergleich zur Kontrolle besonders diejenigen Pflanzen ein beschleunigtes Wachstum aufwiesen, deren Knollen während 15 Min. bestrahlt wurden. Der Versuch wurde dreimal mit gleichem Ergebniss wiederholt (siehe Photo s. 161). Bei Bestrahlung der Knollen im Verlauf von 20 Min. wurde bereits eine Depression beobachtet.

Bei einer Variation des Versuchs mit derselben Pflanze und unter denselben Bestrahlungsbedingungen jedoch beim Einweichen der Knollen während 94 St., wurde das beste Wachstum bei der ersten Dosis erreicht. Bei diesem Versuch waren die Knollen beim Bestrahlen schon dem Keimen nahe und folglich empfindlichere, weshalb für die stimulierende Wirkung schon eine geringere Dosis von Röntgenstrahlen erforderlich war.

Im Jahre 1933 wurde ein analoger Versuch unter Feldbedingungen gemacht. Bei diesem Versuch wurde die Bestrahlung der trocknen Knollen vorgenommen, weshalb die Dosen entsprechend verstärkt wurden. Ein Teil der Knollen wurde 15 Min., der zweite 25 Min., der dritte 35 Min.

und der vierte 45 Min. lang bestrahlt. Die Pflanzen, deren Knollen im Verlauf von 35 Min. (6300 r) bestrahlt wurden, traten scharf durch ihre Höhe und kräftige Entwicklung hervor. Auch wiesen sie eine höhere Productivität auf (Tabelle 2). In den darauffolgenden Jahren wurden analoge Versuche mit einer Reihe anderer Pflanzen unternommen so wie, Lupine, Melone u.s.w. Bei einem Bestrahlungsversuch von Samen (trocken) der Soja—*Glicine hispida* Max., *Glicine Soja* Benth—mit Röntgenstrahlen bei Dosen von 2700 r und 4500 r findet im Vergleich zur Kontrolle eine Verkürzung in der Zeit der Entwicklungsphasen statt (Tabelle 3).

Versuch mit Lupine—*Lupinus angustifolius* var. *albus* Achers et Graebner. Die Pflanzen, deren liegende Samen einer Bestrahlung während 10, 20 und 30 Min. unterworfen worden waren, beendigten im Vergleich zur Kontrolle ihren Lebenszyklus um 12 Tage früher (Tabelle 4).

Versuch mit Kultivierter Melone—*Cucumis melo* var. *vulgaris* (Jacq) Pangalo, Sorte Rockyford. Bei dem Versuch gelang es nur die Energie des Reifens festzustellen, welche bei 5 Min. lang mit 900 r bestrahlten Pflanzen ihren höchsten Grad erreichte. Augenscheinlich wirkt gerade diese Dosis auf die betreffende Pflanze unter diesen Bedingungen stimulierend. Zum Schluss muss noch erwähnt werden, dass bei den bestrahlten Pflanzen im Vergleich zur Kontrolle bei keinem der Versuche irgendwelche morphologische Veränderungen festgestellt worden waren.

Л. В. МИХАЙЛОВА

К ВОПРОСУ О ЯРОВИЗАЦИИ КАПУСТЫ

(Представлено академиком А. А. Рихтером)

В задачу настоящей работы, производившейся на протяжении трех лет, входило отыскание такого сочетания внешних факторов, которое смогло бы превратить кочанную капусту в однолетнее растение.

Определенные сорта кочанной и цветной капусты подвергались воздействию термического и светового режимов при различных вариантах опытных схем. Стадию яровизации по методу академика Т. Д. Лысенко капустные растения проходили в виде прорастающих семян.

Выявлена повышенная чувствительность капусты к свету в очень молодом, а к температуре — в старшем возрасте. Понижение температуры выводит из равновесия всю систему развития растения и вызывает в нем настолько значительные морфологические изменения, что вегетативные и репродуктивные процессы проходят почти параллельно. Действием температуры от $+3$ до $+10^{\circ}\text{C}$ в течение 60 дней на рассаду кочанной капусты в возрасте двух месяцев сортов „Номер первый“ и „Слава“ можно вызвать стрелкование растений, получив семена в первый год вегетации; из верхушечной почки при этом кочан не образуется.

Из стрелкующихся растений можно составить гамму переходных ступеней от нормального кочана до нормального семенного растения.

Одним из самых актуальных вопросов биологии в настоящее время является теория индивидуального развития растений. Этот вопрос выдвинут у нас требованиями социалистического строительства. Умение управлять развитием растений откроет широкие возможности максимального использования растительных ресурсов.

Задача, поставленная в настоящей работе, заключалась в том, чтобы превратить кочанную капусту в однолетнее растение. Это выгодно с трех сторон: во-первых, в целях ускорения селекционных работ; во-вторых, в целях упрощения семеноводства двухлетней культуры, поскольку отпадает необходимость в специальных хранилищах для кочерыжек, и в-третьих, в экономических целях, ибо сокращаются все работы за один сезон и земельная площадь.

В практике наблюдаются случаи появления цветух в первый год у некоторых сортов капусты в условиях субтропиков, также на Северном Кавказе и даже на Украине.

Выработаны даже приемы культуры с целью получения семян ка-

пусты в один год. Но указания причин этого явления, что дало бы возможность вызывать его по желанию, не находим ни в нашей, ни в иностранной литературе. Томпсон (4) указывает девять предполагаемых причин выхода капусты в стрелку. Среди них, однако, есть очень неопределенные, как например, девятая: „Различные приемы культуры, влияющие на быстроту развития“. Есть и противоречивые, как, например, теплые бесснежные зимы и холодные зимы.

Наши практики в данном случае говорят чаще всего о влиянии пониженных температур на рассадку капусты в определенном возрасте. На этом основаны и приемы культуры некоторых сортов кочанной капусты на семена у нас на юге (Сочи) путем высева ее в определенные осенние сроки.

Это подтверждают и американские авторы Boswell (9) и (10) и Miller (17) в своих работах, проведенных в таких же климатических зонах.

Но как изменить эти приемы культуры для севера, где рассада воспитывается в парниках? Чем руководствоваться при этом, чтобы любой сорт можно было превратить в однолетнюю культуру? Что является основным, решающим фактором в изменении растениями направления их развития?

Таковы вопросы, которые потребовали разрешения от начатой работы. В литературе имеется уже богатый материал по вопросам влияния внешних факторов на ход развития растений, из которых основными признаны температура и свет.

Работы Клебса, позже Гасснера, Гарнера и Алларда, Адамса, Максимова Н. А., Разумова В. И., Любименко В. Н., Мак-Кинней и Сандо и других авторов, а в последнее время и акад. Т. Д. Лысенко и М. Х. Чайлахяна ясно указывают на решающее действие этих факторов, каждого в отдельности и в комплексе, на ход развития растений. Gilbert (15) в работе с *Xanthium pensilvanicum* приходит к выводу что температура и свет могут в различных комбинациях заменять друг друга. Еще раньше к тому же выводу пришли Garner W. W. и Allard H. A. (14), позже Eaton, Alex Laurie and Pöesch (16) дали наглядный пример этого явления в работе с *Lilium longiflorum*: цвели одновременно (с разницей в 1 день) растения, из которых одни получали дополнительное пятичасовое освещение ежедневно, а другие температуру, повышенную на 12° в сравнении с первым вариантом и с контролем. Контрольные растения не цвели. Работы М. Х. Чайлахяна (5) доказывают возможность заменить действие низких температур непрерывным освещением для ускорения плодоношения ржи и вики.

Stroboszek (11) получил 100%-ное стрелкование столовой свеклы при условии одновременного воздействия пониженной температурой (4.4—10°C) и удлинненным днем (на 5 час.) на растения 3½-месячного возраста в течение 30 дней.

О значении возраста при воздействии внешними факторами на

растения говорит и М. Х. Чайлахян (6): просо реагировало на короткий день лишь в возрасте 7—14 дней, а также в возрасте 28—35 дней.

Miller (17) и Boswell (9) и (10) в работах с капустой, а Chroboczek со свеклой ставят непременно условием возраст растений для получения реакции от действия температуры и света.

Garner W. W. and Allard H. A. (13) говорят о решающем значении света при стрелковании свеклы.

Накопившиеся данные по влиянию света и температуры на развитие растений, часто приводящие к противоположным выводам, трудно систематизировать в силу отсутствия оправдавшей себя теории индивидуального развития растений, в которую уложился бы весь экспериментальный материал. Поэтому особую ценность имеет выход из указанного положения в физиологии развития, открытый акад. Т. Д. Лысенко, предложившим теорию стадийного развития однолетних семенных растений. Сущность ее заключается в том, что развитие однолетних семенных растений состоит из отдельных этапов или стадий. Под стадиями развития нужно понимать те качественные изменения в точках роста стебля, без которых невозможно получение семян.

„Стадии являются определенными необходимыми этапами в развитии растений, на базе которых происходит развитие всех частных форм, органов и признаков растений“. Так определяет значение стадии акад. Т. Д. Лысенко в своей последней работе (1).

Количество всех стадий, которые должно пройти растение еще неизвестно, но открытые две стадии развития (2)—„яровизации“ и „световая“—согласно теории должны следовать в определенной последовательности, а именно: стадия „яровизации“ должна предшествовать „световой“ и эта вторая может наступить лишь после того, как будет закончена первая. Каждая стадия для более быстрого прохождения требует определенного комплекса внешних условий, входящих во взаимодействие с растительным организмом. Как известно необходимым фактором в комплексе для первой стадии является температура, а для второй свет.

В работе по превращению кочанной капусты в однолетнее растение был использован метод яровизации, разработанный акад. Лысенко на основании его теории стадийного развития. Сделано это было по следующим соображениям.

Еще в 1872 г. Sohn считал, что все наши двухлетние растения в диком состоянии имеют одногодичный жизненный цикл. Rimpau в 1880 г. подтвердил это. Schindler в 1891 г. на свекле доказал, что *Beta maritima* (от которой произошла наша свекла) может быть растением однолетним, двухлетним и многолетним в зависимости от окружающих внешних условий.

Данные практики говорят за то, что в природе существуют условия, при которых капуста дает семена в первый год жизни, следовательно сокращает вегетационный период.

Исходя из названных соображений, поставлена задача: найти соответствующие требованиям капусты комплексы внешних условий для быстрого прохождения растениями стадий развития. Стадию „яровизации по методу акад. Т. Д. Лысенко“ капустные растения проходили в нашем опыте в виде проростающих семян.

Разработана была техника яровизации семян капусты и предупреждена возможность как подсыхания, так и перерастания их.

Работы продолжались три года, в течение которых схема вариировалась то в отношении сроков яровизации, то сортов капусты, то температуры воздействия.

Продолжительность яровизации была использована следующая: 30, 60, 90 и 120 дней.

Температуры при яровизации брались такие: 0, +3, +2, +6, +18° С.

Сорта кочанной капусты, подвергавшиеся яровизации в виде семян, были: „Номер первый“, „Амагер“, „Сабуровка“, „Московская поздняя“ и „Слава“; цветная капуста — „Гаагская“ и „Снежный шар“.

В работе Arthur (8) с капустой не выяснена фотопериодическая реакция этого растения, ибо автор имел другую задачу, а по работам Гарнера и Алларда мы должны отнести капусту к растениям короткого дня.

Miller (17) ставил опыты по влиянию длинного дня на взрослые растения капусты, и реакция была значительна, а именно: в теплой оранжерее завязывание вторых кочнов у варианта, получавшего пятичасовое дополнительное освещение, в сравнении с контролем, было ускорено на десять дней, а в холодной ускорение цветения отмечено на два дня раньше.

Мы располагаем другими данными, характеризующими капустное растение в его отношении к свету. А поэтому во время яровизации семян давались два варианта освещения: непрерывное освещение (при помощи электрического света) и темнота. Последнее достигалось заключением семян в черные коробки.

Яровизированные семена высевались обычно одновременно с контролем, т. е. с семенами, намоченными накануне посева. Рассада воспитывалась в обычных условиях в парниках.

В результате всех работ, ни в одном случае не наблюдалось появления стрелки. Наоборот, усиливался вегетативный рост растений, мощнее развивался кочан, и учет урожая дал нам в среднем за два года увеличение веса кочна у яровизированных растений, по сравнению с контролем, в среднем на 20—24%.

Исходя из практических указаний, о которых говорилось выше, яро-

визация была применена к растениям, имеющим уже семядоли, а также к растениям месячного возраста. В этот раз срок яровизации был ограничен лишь 30 днями. В данном случае стояла задача разработать прием яровизации, вполне доступный для наших хозяйств, воспитывающих рассаду капусты в парниках, где ее легко можно охлаждать.

В этом опыте были сорта: „Номер первый“ и цветная — „Снежный шар“. Температура при яровизации $+3, +6^{\circ}\text{C}$, световой режим — непрерывное освещение и восьмичасовой день.

В результате была получена сильная задержка в росте яровизированных растений независимо от светового фактора, но стрелкования не наблюдалось.

Тогда на основе тех же практических указаний наших (Адлеровская зональная овощная станция) и иностранных работ (Boswell, Miller, Thompson), была составлена другая схема, правда, затруднительная для хозяйственных условий.

Она заключалась в том, что яровизироваться стали растения, достигшие двухмесячного возраста, а также и растения месячного возраста.

Срок яровизации был продлен до 60 дней.

Световой режим во время яровизации оставался почти тот же: непрерывное освещение и девятичасовой день. Контрольные, не яровизированные растения получали нормальный день.

Для проверки последовательности действия факторов света и температуры был введен дополнительный вариант у сорта „Номер первый“ с непрерывным освещением, дававшимся после всходов в течение 30 дней до яровизации у растений, яровизировавшихся в месячном возрасте.

Сорта кочанной капусты в опыте были следующие: ранний — „Номер первый“, средний — „Слава“ и поздний — „Московская поздняя“; цветной капусты сорт — „Гагская“.

Семенной материал чистотинейный получен из отдела селекции филиала Института овощного хозяйства в Грибове, следовательно генетически однородный.

Температура при яровизации поддерживалась в среднем от 3 до 10°C , но были отдельные дни, когда по ночам (в начале яровизации) она падала до $0-1^{\circ}\text{C}$, а днем (в конце срока яровизации) поднималась до 15°C .

Контрольные растения оставались в теплицах при температуре $+11, +25^{\circ}\text{C}$.

Температура отмечалась по показаниям минимального и максимального термометров три раза в сутки. Сводная таблица температур по пентадам дана в табл. 1. Яровизация производилась в специальных камерах, в теплице, где температура регулировалась открыванием и закрыванием форточек по мере надобности.

Таблица 1

Температура до яровизации в °С					Температура во время яровизации по пентадам в °С										
мес.	дни	мин.	макс.	средн.	мес.	дни	мин.	макс.	средн.	мин.	макс.	средн.	мин.	макс.	средн.
							Контроль			непрерывное освещение			короткий день		
Янв.	11—16	8.2	20.6	12.1	Март	15—19	11.6	23.0	17.0	4.2	8.1	6.2	4.6	8.2	6.9
"	17—22	11.1	26.0	16.7	"	20—25	14.2	25.0	18.3	3.6	7.2	4.9	4.2	7.5	5.5
"	23—28	11.1	24.0	15.0	"	26—30	13.4	23.5	19.2	3.8	7.0	5.5	4.6	7.0	6.2
Февр.	29—3	9.4	21.0	15.0	Апр.	31—4	12.7	30.2	15.5	2.8	8.3	6.4	3.3	7.9	6.0
"	4—10	10.0	25.0	18.0	"	5—9	11.2	23.2	15.7	5.2	9.7	8.3	4.9	8.6	7.2
"	11—16	10.0	23.6	17.0	"	10—14	13.4	23.0	18.3	5.7	11.2	9.5	5.8	10.6	8.9
"	17—22	11.0	24.4	16.6	"	15—19	13.4	20.7	17.8	4.9	9.1	7.8	5.2	8.8	7.4
"	23—28	9.6	24.0	17.0	"	20—25	13.5	28.6	21.2	6.3	11.2	8.9	6.2	10.9	8.5
Март	2—7	8.2	23.4	14.6	"	26—30	18.0	32.6	23.0	3.8	11.5	9.3	3.8	11.1	7.2
"	8—13	10.5	24.0	15.6	Май	1—4	15.7	29.8	22.3	5.1	9.7	8.6	4.2	9.4	7.6
					"	5—10	13.0	36.0	18.1	6.4	13.7	9.1	7.2	13.1	8.3
					"	11—14	13.6	31.7	21.1	7.5	13.5	11.8	7.7	13.1	10.8

Примечание. Даты средние по двум наблюдениям в сутки: утреннему и дневному.

Посев был произведен 9 января и 5 февраля в ящики в теплице, где растения и выращивались до яровизации. Всходы соответственно появились 12/І и 10/ІІ.

С момента всходов первого срока посева до всходов второго срока длина дня увеличивалась досвечиванием электрическим светом на 1—1,5 часа ежедневно, чтобы растения первого срока посева имели в начале развития день такой же длины, как и растения второго срока посеянные позже и следовательно попавшие под длину дня, большую в сравнении с первым сроком. В дальнейшем растения обоих сроков посева до яровизации получали нормальный день.

Температура в теплице до постановки растений на яровизацию колебалась в среднем от 10 до 20°С. В каждом варианте имелось по 50 растений (в ящиках), которые при высадке в поле были разбиты на четыре повторности.

Табл. 2 и 3 дают представление о мощности развития растения к началу яровизации и в конце ее.

Таблица 2 говорит о том, что растения двухмесячного возраста имели на 2. 5—3 лист больше, чем растения одномесячного возраста, и высота их соответственно была больше на 3—4 см.

Таблица 2

Мощность развития растений до яровизации

№	Сорт, вариант	Возраст месяцы	Количество листьев	Высота
1	„Номер первый“, нормальный день . .	1	4.0	4.3
2	„непрерывное освещение до яровизации“	1	4.0	6.5
3	„Номер первый“, нормальный день . .	2	6.5	7.8
4	„Слава“, нормальный день	1	3.7	3.6
5	„“	2	6.6	6.8
6	„Московская поздняя“, нормальный день	1	3.9	4.0
7	„“	2	6.6	8.4
8	„Гагская“, нормальный день	1	4.5	3.5
9	„“	2	6.0	6.5

Таблица 3

Мощность развития растений после яровизации

№	Сорт, вариант	Возраст, месяцы	Количество листьев	Высота
	„Номер первый“			
1	Контроль	1	13.3	18.0
2	Яровиз. на коротк. дне	1	7.6	7.0
3	„непрер. освещение“	1	8.3	11.0
4	„на коротк. дне“			
5	При непрер. освещении до яровизации .	1	9.6	10.5
6	Контроль	2	17.0	19.1
7	Яровиз. на корот. дне	2	11.6	11.7
	„непрер. освещении“	2	11.0	15.3
	„Слава“			
1	Контроль	1	11.3	15.8
2	Яровиз. на коротк. дне	1	9.1	6.3
3	„непрер. освещении“	1	7.7	9.5
4	Контроль	2	15.5	16.1
5	Яровиз. на корот. дне	2	11.6	12.3
6	„на непрер. освещении“	2	11.4	15.8
	„Московская поздняя“			
1	Контроль	1	11.3	20.6
2	Яровиз. на корот. дне	1	7.6	11
3	„непрер. освещении“	1	8.8	15
4	Контроль	2	16.4	25.7
5	Яровиз. на корот. дне	1	9.8	15
6	„на непрер. освещении“	1	12	18.7
	„Гагская“			
1	Контроль	1	19.6	15
2	Яровиз. на корот. дне	1	7.3	13.5
3	Контроль	2	21	22.4
4	Яровиз. на корот. дне	2	11.7	11

Табл. 3 ясно свидетельствует о задержке роста растений во время яровизации, особенно у растений, яровизировавшихся на коротком дне. И количество листьев и высота у этих растений меньше, чем у растений контрольных. Растения, яровизировавшиеся на непрерывном освещении, имеют количество листьев почти одинаковое с растениями короткого дня, зато высоту имеют большую.

Растения получившие непрерывное освещение до яровизации в течение 30 дней и яровизировавшиеся на коротком дне, менее задержаны в росте в сравнении с такими же по возрасту, но получавшими до яровизации нормальный день.

Высадка в поле была произведена 22 мая.

Результаты были получены следующие. Стрелкование наблюдалось лишь у двух сортов „Номер первый“ и „Слава“ и в основном у растений, яровизировавшихся в двухмесячном возрасте. Лишь единичные экземпляры очень слабо стрелковались из растений, яровизировавшихся в месячном возрасте.

Табл. 4 дает представление о количестве стрелкующихся растений по вариантам, а также и о количестве собранных с них семян.

Мы видим, что каждый из двух сортов в случае яровизации в двухмесячном возрасте дает 41—51% стрелкующихся растений. Причем световой режим во время яровизации оказал слабое влияние: непрерывное освещение дало увеличение стрелкующихся растений всего на 5—6%. Зато количество собранных семян различно: сорт „Слава“ дал 215 г семян со всех растений, яровизировавшихся на непрерывном освещении, а с растений короткого дня — всего лишь 130 г.

У сорта „Номер первый“ соответствующие цифры значительно меньше, а именно: 51.8 и 22 г. Контрольные растения у обоих сортов дали 100% образования нормальных кочнов.

Влияние светового режима при яровизации сильнее сказалось на растениях месячного возраста. Сорт „Слава“ дал 19.6% растений, стрелкующихся в результате яровизации на непрерывном освещении, а на коротком дне всего лишь 8.5%. При этом семена, хотя и в очень малом количестве, получены только с растений первого варианта.

Сорт „Номер первый“ в первом варианте имел 12.5% стрелкующихся растений, хотя семян и не получено совсем, а во втором варианте все 100% растений дали нормальные кочны. Та же мысль о большой отзывчивости на свет растений в более молодом возрасте подтверждается вариантом, получавшем непрерывное освещение до яровизации, а потом яровизировавшимся на коротком дне: он дает 11% стрелкующихся растений, тогда как соответствующий вариант, получавший до яровизации нормальный день (10—10.5 час.) дал 100% образования кочнов.

Слабая реакция на свет взрослой капусты на втором году жизни доказана Miller (17), о чем говорилось выше.

Сорт „Московская поздняя“ внешне не реагировал на яровизацию. Во всех вариантах, получавших яровизацию, наблюдалось 100%-ное образование нормальных кочнов, как у контрольных растений (табл. 4).

Таблица 4

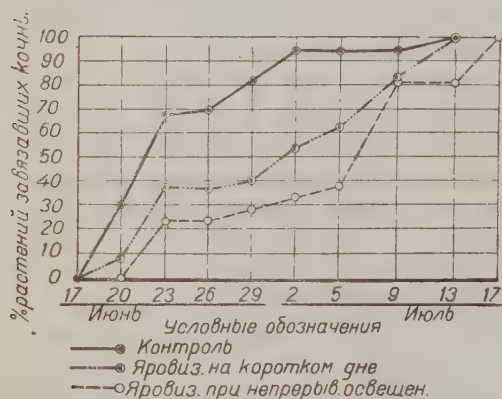
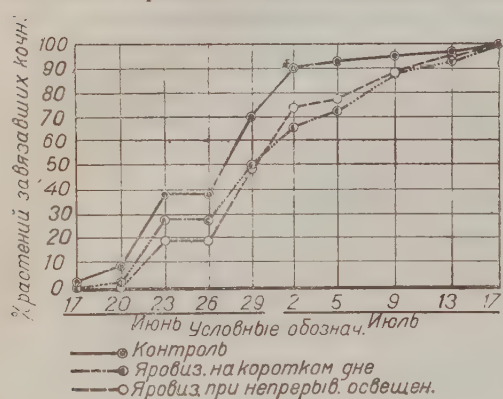
Количество стрелковавшихся растений сортов „Номер первый“ и „Слава“

№	Вариант	Процент растений давших					Общий % стрел- ков. рас- тен.
		норм. кочны	уродл. кочны	стрелку	семена	колич. семян	
„Номер первый“							
Одномесечный возраст при яровизации							
1	Контроль	100	0	0	0	0	0
2	Яровиз. на коротк. дне	100	0	0	0	0	0
3	При непрерывном освещении до яровизации . .	89	11	0	0	0	11
4	Яровиз. на непрер. освещении . . .	87,5	10,5	2	0	0	12,5
Двухмесячный возраст при яровизации							
5	Контроль	100	0	0	0	0	0
6	Яровиз. на коротк. дне	53,2	0	46,8	40,4	22 г	46,8
7	Яровиз. на непрер. освещении . . .	48,8	11,6	39,6	37,3	51,8	51,2
„Слава“							
Одномесечный возраст при яровизации							
1	Контроль	100	0	0	0	0	0
2	Яровиз. на корот. дне	91,5	8,5	0	0	0	8,5
3	Яровиз. на непрер. освещении . . .	80,4	10,8	8,8	8,8	4,5 г	19,6
Двухмесячный возраст при яровизации							
4	Контроль	100	0	0	0	0	0
5	Яровиз. на коротк. дне	58,3	2,1	39,6	39,6	130 г	41,7
6	Яровиз. на непрер. освещении . . .	52,0	6,3	41,7	41,7	215 г	48,0

Цветная капуста „Гагская“ реагировала на яровизацию задержкой в развитии: у растений, яровизировавшихся в двухмесячном возрасте, образование головки было задержано в сравнении с контролем на 52

дня, т. е., примерно, на столько же, сколько дней продолжалась яровизация. Но цветение задержалось уже только на 25 дней, а созревание семян лишь на 16 дней.

Энергия завязывания кочна у яровизированных, но не стрелковавшихся растений, понижена в сравнении с контролем, что видно из фиг. 1, где даны кривые хода завязывания кочна у сорта „Номер первый“.



Фиг. 1. Энергия образования кочна у сорта „Номер первый“ в опыте с яровизированной рассадой

ния, или одновременно с ним, и кочны развивались не из верхушечной почки, а из боковых, лежащих ниже цветочных. При этом количество кочнов сильно вариировало: развивалось 2—3 и больше (до 15) кочнов у основания растения. Нередко размер 1—2 кочнов почти соответствовал размеру нормального кочна нестрелкующегося растения, но чаще это были мелкие кочны в 5—10 см диаметром.

Все стрелкующиеся растения обоих сортов по виду отличались от нормальных семенных растений, получаемых обычно во второй год жизни кочерыг. Это были растения с обильной вегетативной порослью, причем распределение вегетативных почек по растению было

Как видно на рисунке, у растений, яровизированных в двухмесячном возрасте, эта задержка в образовании кочна была сильнее, чем у растений одномесячного возраста.

Стрелкование в результате яровизации было чрезвычайно растянуто. Оно продолжалось в течение месяца с 17/VI по 17/VII. Цветение — с 2/VII до конца вегетации. Созревание семян — с 26/IX до конца вегетации.

Стрелкование, как правило, наступало не через кочан. Верхушечная почка, обычно дающая в первый год кочан, вытягивалась в стрелку в один или несколько стволов, на которых появлялись репродуктивные органы. У большинства стрелковавшихся растений наблюдалось образование кочнов, но оно наступало или после первого цветения

очень неравномерное, не поддающееся никакой уловимой глазом или подсчетом закономерности.

У одних растений преобладали почки вегетативного характера по всей длине стебля, у других — репродуктивного, у третьих не было преобладания ни на той, ни на другой стороне, но вегетация и репродукция располагались поочередно в несколько этажей (до 6—8).

Фиг. 2 дает суммарную картину той лестницы переходных ступеней от нормального кочна до нормального семенного растения, которую можно было наблюдать по сорту „Слава“ на яровизированных растениях.

Представленная гамма изменений получена из растений, яровизировавшихся в двухмесячном возрасте. Единичные стрелковавшиеся экземпляры из растений, яровизированных в месячном возрасте, чаще приближались по виду к типу растений, обозначенному на фиг. 2 под № 2 и 3 и как исключение № 4.

Борьба двух тенденций — к развитию репродуктивному или вегетативному, которая ясно заметна и на ряде растений фиг. 2, лучше отражена на растении, представленном на фиг. 3. Здесь видны на одной и той же ветке два этажа вегетативных почек в перемежку с двумя этажами репродуктивных (на вершине — цветочные бутоны).

Однако при подобном анализе последовательности в образовании почек на 25 растениях было обнаружено неожиданное явление.

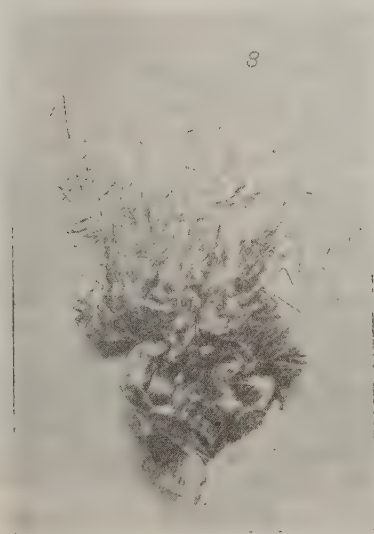
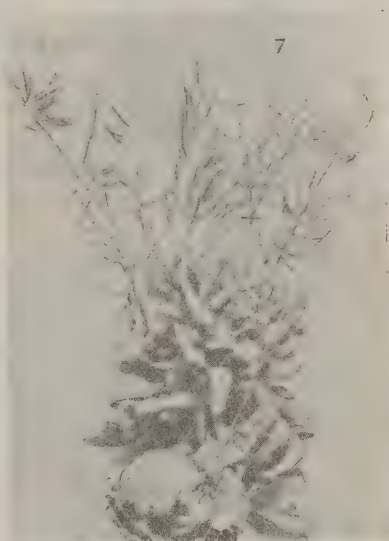
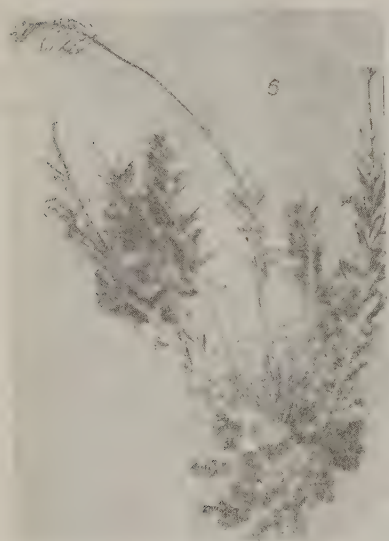
Оказалось, что в действительности нет того строгого чередования вегетативных и репродуктивных органов на одном и том же стебле, которое нам бросается в глаза при беглом осмотре растения, как например, на фиг. 3. Оказалось, что почки и вегетативного и репродуктивного, а также и почки промежуточного характера (полувегетативного и полурепродуктивного) расположены в полном беспорядке по одному и тому же стеблю.

Единственная закономерность, подмеченная на каждом из анализируемых растений, заключается в том, что от корневой шейки идут снизу вверх спящие вегетативные почки в количестве 17—20, а затем идут пробужденные вегетативные кочны, количество которых уже сильно колеблется. Дальше закономерность исчезает и начинается мозаика в порядке следования, в характере и количестве почек на отдельных ветках.

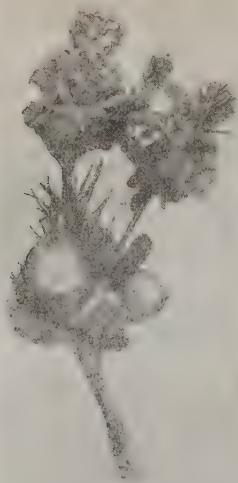
Иногда за вегетативными почками следуют прямо репродуктивные, а затем снова вегетативные, дальше почки переходного характера, за ними могут следовать почки репродуктивного характера, либо опять возвращаются вегетативные. Почки переходного характера представляют собой прилистники, с внутренней стороны которых развивается не кочан, а части растения, ближе подходящие к репродуктивным органам: или отдельные части цветка — пестик, тычинка, лепесток зеленого цвета или на цветоножке уродливый маленький зеленый



Фиг. 2. Гамма переходных ступеней от нормального кочна до нормального



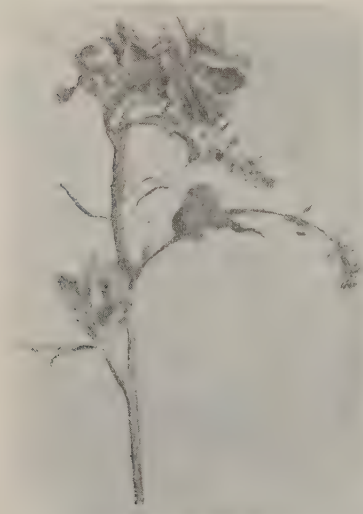
семенного растения у яровизированных растений сорта „Слава“



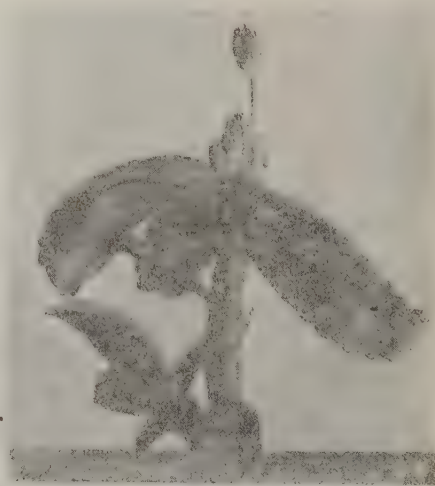
Фиг. 3. Яровизированное растение сорта „Номер первый“ имеет дважды сменяющиеся направления развития: вегетативное и репродуктивное



Фиг. 4. Часть стебля яровизированного растения. В одной плоскости стебля образовались и кочан (влево), и стручок (вправо)



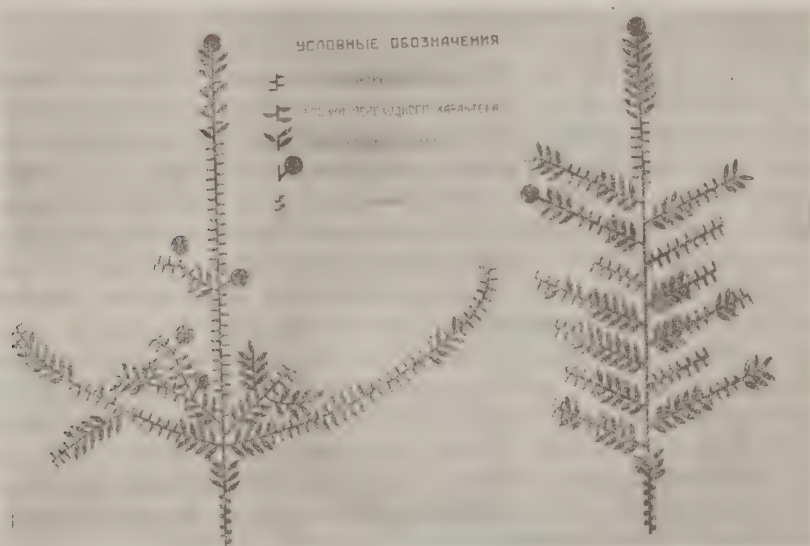
Фиг. 5. Вершина стебля с яровизированного растения. Верхушка состоит из трех ветвей, образовавшихся в одной точке роста: репродуктивной, вегетативной и смешанного характера



Фиг. 6. Верхушка стебля яровизированного растения. В точке роста образовались зачатки кочанчиков и бутон раскрывающегося уже цветка

листок в стадии перехода его в лепесток и т. д. Наблюдаются случаи, когда среди кочаников на стебле сидят репродуктивные почки или в одной плоскости стебля образуются и кочны и стручки, как это видно на фиг. 4. и фиг. 5. Нормально капуста имеет очередное листорасположение, но у яровизированных растений оно часто нарушается. Отмечен случай образования цветочных почек и даже цветения сбоку кочерыги кочна, образовавшегося из боковой почки стебля.

Фиг. 6 дает представление о том, как это происходит в процессе роста стебля. В точке роста мы видим заложившиеся почки вегетативного



Фиг. 7. Схема расположения точек у яровизированной капусты (сорт „Номер первый“)

и репродуктивного характера—зачатки кочаников и бутон раскрывающегося цветка. При этом основания и кочаников и цветоножки сходятся в одной горизонтальной плоскости стебля.

Некоторые ветви одного и того же растения заканчивают вегетацию цветением и образованием стручков, другие — образованием вегетативных почек и кочнов.

На фиг. 7 дана примерная схема расположения почек на двух типичных растениях. Растение левое приближается по внешнему виду к нормальному семенному растению, т. е. у него преобладают репродуктивные почки. А правое, ствоящееся растение, с преобладанием вегетативных почек. Но ни на том, ни на другом не видно последовательности в чередовании репродукции и вегетации. Так например, на основном стебле левого растения образовался кочан совершенно

неожиданно среди репродуктивных почек, а против него развился побег смешанного характера: наряду с вегетативными почками он имеет и репродуктивные, а так же и кочан среди репродуктивных почек. Основной стебель этого растения заканчивается вегетативными почками и кочном, тогда как боковые заканчиваются репродуктивными почками. В одной плоскости стебля (бокового) образовалось три ветви: две из них чисто вегетативные, а одна чисто репродуктивная и т. д. У растения правого на рисунке преобладают почки вегетативного характера, хотя та же мозаика налицо.

Обсуждение результатов

Метод яровизации растений в виде прорастающих семян, давший такие огромные результаты со злаками, требует еще разработки и изучения в применении к овощным культурам. Мы знаем положительное действие яровизации, примененной по методу акад. Т. Д. Лысенко к прорастающим семенам столовой свеклы и репы. В результате работ по яровизации свеклы Петергофского биологического института яровизация свеклы уже может быть передана в производство (7).

Сложнее оказался этот вопрос с капустой. Пониженные температуры от 0° до 6° С, яровизирующие свеклу, репу и другие корнеплоды, влияют на капусту в обратном направлении, т. е. усиливают вегетативный рост в пределах испытанных нами сортов и сроков яровизации. Не реагируют в желаемом нам направлении на низкую температуру и молодые растения до двухмесячного возраста. На свет они реагируют сильнее. Реакция на понижение температуры начинается, повидимому, с 1½—2-месячного возраста (в пределах двух испытанных сортов), причем индивидуальные отклонения в пределах элитного материала одного сорта чрезвычайно велики.

Такое положение с кочанной капустой мы объясняем тем, что она культивируется из-за чрезвычайно редко используемой части растения — одной верхушечной почки. Эта почка в интересах человека в процессе культуры и многовекового отбора превращена в гигантскую почку — кочан. Все остальные почки, а также репродуктивные органы должны быть подавлены до тех пор, пока не будет взят урожай.

Понятно, если мы хотим теперь превратить капусту в однолетнее растение, мы должны считаться с той огромной наслойкой культуры, которую получила капуста, превратившаяся из однолетнего растения в двухлетнее.

Поэтому так сильна индивидуальная изменчивость растений капусты. Т. Д. Лысенко (3) отмечает индивидуальные требования отдельных пшеничных растений в пределах чистой линии к различной продолжительности яровизации, что создает растянутость колошения на делянках. Очевидно, тем более применимо это положение к таким

изнеженным в культуре растениям, каким является капуста. И пестрота форм, полученная у нас в результате яровизации, должна быть отнесена в большей степени за счет индивидуальной изменчивости. Но причина может крыться и в несоответствии требованиям данной стадии или взятой температуры при яровизации, или срока ее действия, или, наконец, возраста растений. Если стадии развития у зерновых злаков следуют в порядке от „яровизации“ к „световой“, то так ли это будет для капусты?

Наши данные говорят о большей чувствительности капусты к свету в очень молодом возрасте, а к температуре—в более старшем возрасте (двухмесячном).

Условия роста после яровизации играют огромную роль. Об этом говорят в своих работах Т. Д. Лысенко (1), М. Х. Чайлахян (5), в этом же убеждает нас работа Chroboczek (11) со свеклой. Если свекла после 30-дневной холодной обработки попадала в температуру роста $10-15^{\circ}\text{C}$, она давала 100% стрелкующихся растений; если же после холодной обработки, продолжавшейся хотя бы 90 дней, растения попадали в температуру $21-26^{\circ}\text{C}$, стрелкования не было. Автор делает вывод, что последующая высокая температура нейтрализует действие холодных температур. Мы не ставим себе задачей исследовать последний вопрос, но толковать описанное явление с точки зрения теории стадийного развития нужно иначе, чем это делает Chroboczek и многие из наших работников. Еще не доказано, что высокая температура снижает действие низких температур, так как возможно иное объяснение, а именно, что она лишь не соответствует следующей стадии развития, которая должна проходить после яровизации, что можно было бы проверить, давши и контрольным и яровизированным растениям условия, требуемые для прохождения этой второй стадии.

К сожалению, нет пока экспериментального материала, проделанного в этом направлении. Итак, нельзя не учитывать тех условий, в которые попадают растения после яровизации.

Табл. 5 дает декадные средние температур, осадков и солнечного сияния за вегетацию капусты в поле. Лето этого года было прохладное, и возможно, что у нас получились бы иные результаты, если бы лето было знойное, сухое, жаркое. Нужно отметить, что после высадки растений в грунт, стояла яровизирующая температура еще в течение 10—20 дней, что видно из табл. 5. В поведении растений в поле наблюдалась та особенность, что стрелковавшиеся растения обоих сортов, начав цветение с конца июня, продолжали его в перемежку с образованием вегетативных почек в течение всего лета до конца вегетации, т. е. до половины ноября, несмотря на то, что погода менялась за этот промежуток времени иногда довольно сильно. Каждый день можно было найти в течение всей вегетации среди стрелкующихся 1—5 растений цветущих.

Таблица 5

Метеорологические данные за вегетационный период в поле

Декады	М а й		Чис. час. солн. сия-ния	И ю н ь		Чис. час. солн. сия-ния	И ю л ь		Чис. час. солн. сия-ния	А в г у с т		Чис. час. солн. сия-ния	С ен т я б р ь		Чис. час. солн. сия-ния
	Осадки	Темпе-ратура		Осадки	Темпе-ратура		Осадки	Темпе-ратура		Осадки	Темпе-ратура		Осадки	Темпе-ратура	
I				12.4	14.3	110	21.8	14.6	109	55	16.0	103	5.2	14.5	77
II	7.3	10.3	101	6.2	17.8	150	54.1	15.7	101	3.9	20.5	136	35.3	11.4	51
III	7.2	13.9	111	31.2	19.8	134	76.7	17.0	75	26.4	13.7	69	38.2	10.1	56
Сумма	30.8		278	49.8		394	152		28.5	85.4		308	78.7		184
Средн.		9.8			17.3			15.8			16.7			12.2	

Это говорит за то, что внутренние причины, выведшие из равновесия капустные растения, имели повидимому решающее значение. С теоретической стороны нужно отметить тот интерес, который представляют собою яровизированные растения, выведенные из равновесия. Картина смены направлений развития и даже совместимость этих двух направлений в одной и той же точке роста (фиг. 4, 5 и 6) дает возможность приблизиться к выяснению закономерностей формообразовательных процессов в растениях. Можно думать, что те биохимические процессы, которые возникают в точках роста под влиянием низких температур, о чем говорит акад. Лысенко (1) и (2), и что экспериментально доказал Chroboczek в указанной работе со свеклой,—меняют в корне свойства протоплазмы.

Но так как в нашем опыте растения в большинстве случаев не дояровизировались, т. е. протоплазма не перестроилась окончательно, эти два направления развития—репродуктивное и вегетативное—уживаются в одних и тех же клетках, проявляясь внешне морфологически при условиях, благоприятных для каждого из них и, видимо, в зависимости от количества происшедших изменений именно в каждой данной клетке.

Выводы

1. Сорта кочанной капусты „Номер первый“, „Слава“, „Амагер“, „Московская поздняя“, а также и цветная „Снежный шар“ и „Гаагская“ реагируют на яровизацию при температуре $+2 +6^{\circ}\text{C}$ в виде прорастающих семян увеличением кочна или головки, но стрелкования не дают при обычных хозяйственных условиях их роста в дальнейшем по Московской области.

2. Действие пониженных температур $+2 +6^{\circ}\text{C}$ в течение 30 дней на растения сортов „Номер первый“ и „Снежный шар“ сейчас же

после всходов, а также на растения месячного возраста выражается лишь в задержке роста.

3. Действием пониженных температур $+3 + 10^{\circ}\text{C}$ в течение 60 дней на рассаду кочанной капусты в возрасте двух месяцев, сортов „Номер первый“ и „Слава“ можно вызвать стрелкование растений, получив семена в первый год вегетации, причем из верхушечной почки кочана не образуется.

4. Растения месячного возраста тех же сортов, яровизированные при тех же условиях, стрелкуются единично, но семян не дают.

5. Световой фактор сильнее действует на растения до 2-месячного возраста, а термический—на растения более старшего возраста. Непрерывное освещение при этом способствует стрелкованию, а короткий день задерживает его.

6. Пониженные температуры, действуя на сорта „Номер первый“ и „Слава“ в определенном возрасте (около 2-х месяцев) в течение, примерно, 60 дней, выводят из равновесия всю систему развития растения, о чем можно судить по морфологическим изменениям их: репродуктивные и вегетативные процессы проходят в недояровизированных растениях почти параллельно, в течение всего вегетационного периода.

7. Сорт кочанной капусты „Московская поздняя“ не реагировал внешне на те же комплексы факторов при яровизации, которые яровизировали сорта „Номер первый“ и „Слава“.

8. Цветная капуста „Гагская“ под действием пониженных температур задержала образование головки примерно на столько же дней, сколько времени она яровизировалась. Но в дальнейшем ее развитие шло более ускоренным темпом, чем у контроля.

Институт овощного хозяйства.

Москва.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лысенко Т. Д., Теоретические основы яровизации, 1935.
2. Лысенко Т. Д., Бюллетени яровизации, № 1, 2, 3 и 4.
3. Лысенко Т. Д., К статье Несколько критических замечаний акад. Г. К. Меистера, Жур. Селекция и семеноводство, 2/10 1935, 21—29.
4. Томпсон Гомер К., Овощные культуры, 1933.
5. Чайлахян М. Х., Исследование физиологической природы различий яровых и озимых растений, 1934.
6. Чайлахян М. Х., Возраст растений и фотопериодическая реакция, Докл. Акад. Наук СССР, № 6, 306—314, 1933.
7. Чесноков В., Яровизация столовой свеклы в целях семеноводства, Труды Ленинградского областного естествознания, т. XIII, вып. 1, 110—112.
8. Arthur J. M., Guthrie J. D. and Newell J. M., Some effects of artificial climates on the growth and chemical composition of plants, Amer. Journ. Bot., 17, 1930, 416—432.
9. Boswell V. R., A study of some environmental factors influencing the shooting to seed of wintered over cabbage, Amer. Soc. Hort. Sci. Proc., 1925, 380—393.
10. Boswell V. R., Studies of premature flower formation in wintered over cabbage. Mg. Agr. Exp. Sta., Bull. 313, 1929.

11. Chroboczek Emil, A study of some ecological factors influencing seed-stalk development in beets (*Beta vulgaris*), Cornell Univ. Agr. Exp. Sta., Mem. 154, 1934.
12. Eaton S. V., Effects of variation in day length and clipping of plants on modull development and growth of soy beans, Bot. Gaz., **91**, 1930, 113—143.
13. Garner W. W. and Allard H. A., Effects of abnormally long and short alternations of light and darkness on growth and development of plants, J. Agr. Res., **42**, 1931, 629—651.
14. Garner W. W. and Allard H. A., Further studies in photoperiodism, the response of the plant to relative length of day and night, J. Agr. Res., **23**, 1923, 871—920.
15. Gilbert B. E., The interrelation of relative day length and temperature, Bot. Gaz., **81**, 1926, 1—24.
16. Laurie Alek. and Poesch G. H., Photoperiodism, The value of supplementary illumination and reduction of light on flowering plants in the greenhouse., Ohio Agr. Exp. Sta., Bull. 512, 1932, 1—42.
17. Miller Julian C., A study of some factors affecting seedstalk development in cabbage, Cornell Univ. Agr. Exp. Sta., Bull. 488, 1929.

L. MICHAILOVA. ON THE PROBLEM OF THE YAROVIZATION OF CABBAGE

SUMMARY

The purpose of the present work was to discover such a combination of environmental factors as would convert drumhead cabbage into an annual plant.

The following varieties of drumhead cabbage were used in these experiments: early—"Number one", medium—"Slava", and late—"Moskovskaya pozdnyaya" and "Amager"; also the cauliflower „Hague" and „Snowball." Germinating seeds of the cabbage plants were subjected to the action of temperatures of $+2 \pm 0^{\circ}\text{C}$ and $+15 \pm 18^{\circ}\text{C}$ for periods of 30, 60, 90 and 120 days (varieties "Number one" and "Amager"). The light regime used was continuous illumination and darkness. The result obtained was negative, but the weight of the heads increased by 20—24%. The action of low temperatures ($+2 \pm 6^{\circ}\text{C}$) on "Number one" cabbage plants and the "Snowball" cauliflower, both immediately after sprouting and when one month old, continued for 30 days, retarded their growth but also gave a negative result.

The action of low temperature ($+3 \pm 10^{\circ}\text{C}$) on two-month-old drumhead cabbage plants during a period of 60 days caused from 41 to 51 per cent of the plants to produce seeds.

Under similar conditions one-month-old plants did not produce seeds. Continuous illumination of one-month-old plants, either during yarovization (vernalization) or prior to it, heightened the percentage of seed-bearing plants, as compared with that under a short day (9 hours day).

The quantity of seeds yielded by plants, yarovized when two months old under continuous illumination, was also greater than that yielded by plants under a short day. The control plants of both varieties gave 100 per cent of normal cabbage heads.

The "Moskovskaya pozdnyaya" variety showed no external response either to low temperatures or to different light regimes to which it was subjected simultaneously with the "Number one" and "Slava" varieties.

Under the action of low temperatures, the formation of cabbage heads in the "Hague" cauliflower was retarded by almost as many days as it had been subjected to the action of low temperatures. But the further development of yarovized plants proceeded quicker than that of the controls.

The plants that bore seeds differed from one another as regards their morphological forms. These plants could be ranged so as to present all the transitional stages from a normal cabbage head to a normal seed plant.

Low temperatures acting for 60 days on two-month-old plants of the "Number one" and "Slava" varieties disturbed the normal development on these plants, the two lines of development, the vegetative and the reproductive one, becoming concurrent and manifesting themselves throughout the whole vegetative period in incompletely vernalized plants. This phenomenon is of interest in so far as it opens a way of studying the processes of form-production in plants.

Scientific Research Institute of Vegetable Cultures,
Moscow.

Н. А. КРАСИЛЬНИКОВ

ОЧАГОВОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОЧВЕ

(Представлено академиком Г. А. Надсоном)

Разнообразие биохимических процессов в почве, их направление связано с характером ее микрофлоры, которая меняется в зависимости от внешних условий — климата, географической зоны и состава почвы. С изменением почвенного состава (удобрение, орошение) меняется и состав микробного сообщества, что в свою очередь изменяет биохимические процессы в почве.

Корневая система растений является одним из мощных факторов очагового скопления микроорганизмов почвы, которые образуют порой как бы биологическую пленку вокруг корней.

Динамика органического вещества почвы определяется тремя основными группами микробов: целлюлозными, неспороносными и актиномицетами.

Клетка, составляющая основную массу корневой системы, подвергается разложению при непосредственном участии этих трех групп организмов. Наибольший распад клетчатки в почве происходит в присутствии нитратов. Фосфаты стимулируют развитие целлюлозных бактерий в слабой степени и лишь при слабых концентрациях. При внесении органического удобрения в почву развиваются в преобладающем количестве неспороносные бактерии, являющиеся в основных своих свойствах хорошими аммонификаторами.

Солевой режим почвы, а также влажность воздействуют весьма резко как на процесс распада клетчатки, так и на состав микрофлоры.

В настоящее время динамика почвенного состава определяется не только как ряд физико-химических превращений. Большой литературный материал все больше показывает, насколько велика роль микробов в почвенных процессах. Изучение состава микрофлоры показывает цифры, далеко превосходящие ранее известные. По данным Виноградского (1), Кона (Сопп, 3,4), Грей и Сортон (Gray а. Thorton, 8) Степанова (14) и др. там, где их предполагалось тысячи и миллионы, в действительности оказываются миллиарды и десятки миллиардов. Если к этому прибавить то громадное количество микробов, которое, как показал Худяков (1926), адсорбируется частицами почвы и которое вследствие этого не поддается учету, то естественно следует признать их значимость в динамике почвы. При благоприятных условиях биохимические процессы несравненно преобладают над химическими (Костычев, 1926).

Задача овладения микробной деятельностью в почве является одной из трудных и весьма актуальных. К сожалению современные методы исследований не позволяют подойти к изучению микробиологической деятельности в самой почве. Большая литература о микрофлоре почвы и процессах, вызываемых ею, касается почти исключительно экспериментов в лабораторных условиях.

Имеются лишь отдельные попытки изучения микробов в самой почве (Холодный, 1930; Росси, 1928; Конн, 1932; Demeter и Mossil, 1932, Успенский, 1933).

Обычно полагают, что микроорганизмы распределяются в почве более или менее равномерно по горизонтам, не учитывается при этом наличие в этих горизонтах различных включений — органических и солевых, которые резко меняют вокруг себя микробный состав.

Как известно, в составе верхних горизонтов почвы имеется органическое вещество, которое слагается: во-первых, из остатков отмерших растений, подземных и надземных; во-вторых, из навоза, вносимого в почву в качестве удобрений, в-третьих, из так называемого гумуса, являющегося результатом предшествовавшей деятельности микробов.

Естественно, что вокруг этих органических частиц население микробного мира будет резко иное, чем в зоне без органического вещества. В зависимости от природы вещества, характера его распада, видовой состав микроорганизмов меняется.

Ваксман (1928—1930), отмечая ошибки предшествовавших исследований, указывает, что разложение органического вещества в почве протекает не по одному общему шаблону, что механизм разложения зависит не только от состава самого вещества, но также от состава микрофлоры.

Не в меньшей степени микробный состав зависит от солевого режима почвы. Известно, что соли являются мощным фактором, направляющим биологические процессы в почве, что видно хотя бы из работ Липмана (Lipman, 1913), Гривса (Graeves, 1918), Пружанской (1935).

В настоящем сообщении излагается материал, собранный в экспедиционных условиях за период 1932—1935 гг. в почвах различных районов Заволжья, а также результаты собственных опытов по распределению микроорганизмов.

В своих исследованиях мы обратили внимание на корневую систему как на один из мощных факторов очагового скопления микробов почвы. В предшествующих работах, частично опубликованных в Трудах комиссии по ирригации (1934), а частично находящихся в печати, мы отмечали, насколько велико скопление микроорганизмов вокруг корней живых растений и как оно меняется на разных стадиях вегетации. Количество микроорганизмов порою бывает так велико,

что представляет собой как бы биологическую пленку вокруг корней. Одновременно с этим мы наблюдаем также громадные скопления вокруг отмирающих корней, а также корней растений, срезанных в период их бурного развития.

В табл. 1 в цифрах выражены количественные изменения микробов вокруг корней, иначе, в ризосфере пшеницы, кукурузы, сои, подсолнечника, при естественном отмирании корней. Первое исследование произведено в период восковой спелости, когда надземная часть растения почти высохла; последующие исследования производились через каждые 5—7 дней, после уборки урожая.

Таблица 1

Изменение количества микроорганизмов при разложении корневой системы (после снятия урожая)

Число клеток (выраженные в млн.), проросших на агаре при засеве почвенной взвеси

Пробы	Пшеница		Кукуруза		Подсолнечн.		Соя		Влажность почвы в %	Температура почвы °C
	ризосфер.	контроль	ризосфер.	контроль	ризосфер.	контроль	ризосфер.	контроль		
1	10.4	4.6	104.0	6.0	32.0	5.5	40.0	8.8	10	16
2	6.0	4.3	40.0	5.4	28.0	4.8	36.0	4.9	12—14	17—19
3	20.0	5.6	56.0	5.2	44.0	4.8	64.0	3.0	11—14	18
4	35.0	5.7	75.0	6.0	48.0	3.2	80.0	2.3	18	16
5	47.2	6.8	120.0	5.0	45.0	4.5	130.0	5.7	20	16—17
6	35.0	6.2	100.0	8.3	49.0	8.7	80.0	6.7	20	15
7	23.0	7.2	—	—	—	—	—	—	—	—

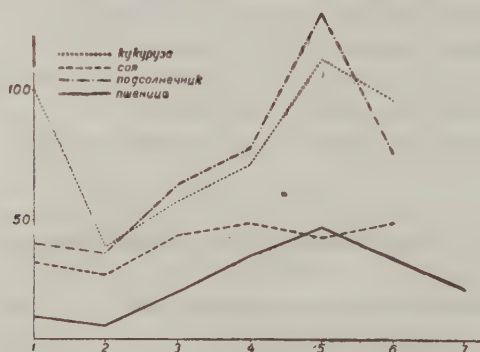
Как видно из табл. 1, вокруг отмирающей корневой системы резко увеличивается число микробов по сравнению с контрольной почвой, взятой вне корневой зоны, на расстоянии, примерно, на 0.5—1 м. С разрушением корней это число постепенно увеличивается, доходит до определенного максимума и затем снижается. Получается кривая, изображенная на фиг. 1.

Объяснения причины такого изменения микробного состава в отмирающей корневой системе можно, мне кажется, найти в табл. 2, где приведены данные качественного состава микробов.

Резкое увеличение разрушителей клетчатки при отмирании корней указывает на то, что здесь происходит сильный распад растений, продукты которых являются питательным материалом для других микробов, вследствие чего происходит усиленное размножение и скопление их.

Анализ качественного состава микрофлоры, развивающейся за счет продуктов распада корней, показывает, что эти продукты в наиболь-

шей степени использует группа неспороносных бактерий, описание которых дано в одной из предшествующих статей. Число спороносных бактерий также несколько увеличивается, но во много раз меньше,



Фиг. 1. Изменение количества микроорганизмов при разложении корневой системы культурных растений. По горизонтали отмечены пробы, по вертикали — число колоний, выросших на средах (выражено в млн.).

Таблица 2

Качественный состав микрофлоры при разложении корневой системы
Количество колоний, выросших на П. А. при засеве $\frac{1}{20}$ см³ почвенной взвеси в разведении 1:10 000

№ пробы	Неспороносн. бактер.	Спороносные бактер.	Микрококки	Микробактерии	Актиномицеты	Грибы	Целлюлозные бактерии
1	260	65	35	170	90	3	68
2	230	85	30	120	120	8	50
3	600	125	25	175	40	3	130
4	500	150	28	150	50	6	120
5	600	140	120	275	150	10	80
6	500	100	200	300	250	15	40
7	300	50	200	230	220	16	30

чем первые. К моменту снижения интенсивности распада корней, когда заметно уменьшается число целлюлозных бактерий, начинают усиленно размножаться микобактерии и особенно актиномицеты (табл. 3).

По всей видимости в начале распада корней, когда освобождаются белковые вещества и другие легко усвояемые продукты распада корней, группа неспороносных бактерий вытесняет другие формы микробов

Таблица 3

Качественный состав микрофлоры вокруг корней срезанных растений
Число колоний в чашке Петри при высеве $\frac{1}{20}$ см² почвенной взвеси в разведении 1:1 000

№ пробы	Бактерии		Микрококки	Микробакт.	Актиномицеты	Грибы	Клетчаточн.	Влажность почвы в %	Температура почвы С°
	неспоро-н.сн.	споро-нон.							
1	400	25	10	150	30	1	12	10	16
2	2 500	70	250	270	50	0	3	12—14	18
3	2 000	107	270	250	28	1	5	11—14	18
4	350	65	170	230	50	3	10	18	16
5	400	43	100	200	45	2	28	20	16—18
6	1 900	56	80	250	48	3	125	20	18
7	2 800	80	120	300	60	0	280	18	19
8	1 500	100	250	450	125	3	250	17	19
9	1 600	100	180	360	350	15	240	19	17
10	600	80	200	380	450	25	80	14	19
11	400	70	150	420	400	23	40	12	18
12	420	80	170	370	350	20	45	15	14

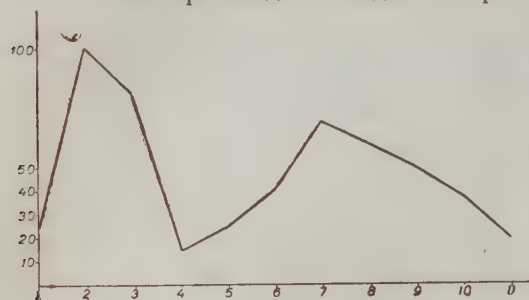
или задерживает их развитие; потом, когда легко усвояемые вещества исчезают и когда, быть может, происходит накопление продуктов обмена веществ самих бактерий, начинают развиваться актиномицеты и отчасти микробактерии, которые, как известно, весьма нетребовательны в выборе пищи и могут использовать для питания самые разнообразные органические соединения. Само собой разумеется, что изложенная смена микрофлоры корневой системы весьма упрощена. В действительности этот процесс протекает сложнее, а участие в нем внешних факторов более разнообразно.

Кроме того, столь быстрое снижение кривой не означает, что за этот период корни целиком разложились и превратились в неорганические соединения, они в конце наших исследований еще в значительной степени сохраняют свой вид, изменяется лишь их структура. Процесс распада корней в этот период лишь только приостанавливается резким понижением температуры почвы. При оптимальной влажности и температуре процесс разрушения корней происходит быстрее и полнее.

Если корни моложе, то микрофлора при распаде обильнее и разнообразнее, и процесс распада протекает быстрее. Корни срезанных растений в молодой стадии вегетации полностью разрушаются в сравнительно короткий срок, причем ход распада корней и развитие микроорганизмов вокруг них протекает несколько иначе, чем в первом случае. На фиг. 2 представлена кривая последовательного изменения количества микроор-

ганизмов вокруг корней пшеницы, стебли которых были срезаны перед цветением.

Данные суммированы с пяти параллельных исследований. Срез стеблей был произведен незадолго перед цветением, срезались растения под самый корень. Пробы брались через каждые 5—7 дней.



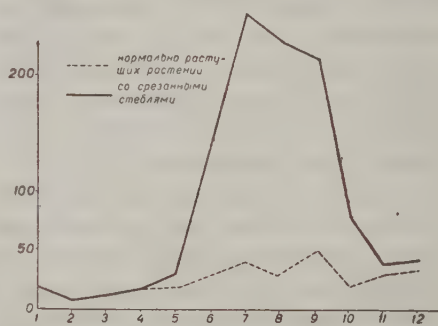
Фиг. 2. Изменение количества микроорганизмов при распаде молодых корней после среза стебля растений у пшеницы. По горизонтали отмечены пробы, по вертикали — число колоний, выросших на питательной среде

второй подъем идет медленнее и обусловлен деятельностью целлюлозных бактерий, число которых особенно демонстративно увеличивается (табл. 3 и кривая на фиг. 2).

Спустя 2—2½ месяца при благоприятных условиях влажности и температуры от корней почти ничего не остается, лишь самые толстые непосредственно у стебля сохраняются еще долгое время. Состав микрофлоры и смена отдельных компонентов ее при распаде молодых корней в основном те же, что и в случае с корнями нормально отмирающих растений. В первом подъеме микрофлора почти целиком состоит из довольно однородной группы неспороносных бактерий, с хорошо выраженной протеолитической и аммонифицирующей способностью, и лишь незначительная часть приходится на все остальные организмы, развивающиеся на питательных средах (фиг. 3).

Среди неспороносных бактерий обнаруживается значительное количество флюоресцирующих форм, которые быстро исчезают и во втором подъеме встречаются лишь в единичных случаях.

Примерно на глубине 1.5—2 м там, где органического вещества почти нет и где почва имеет характер материнской породы, кор-



Фиг. 3. Количество целлюлозных бактерий в ризосфере пшеницы. По горизонтали отмечены пробы, по вертикали — число колоний

невые разветвления часто окружены темной полоской гумусового вещества.

Микрофлора таких корней так же богата микробами, как и поверхностная ризосфера, а по сравнению с контрольной почвой той же глубины она в сотни раз превосходит последнюю. Качественный состав микрофлоры глубинной ризосферы примерно такой же, что и в поверхностной.

Совершенно другую картину дают старые, уже истлевшие корни растений предыдущих лет. От них сохраняется лишь тонкая, легко разрушающаяся оболочка, причем в ненарушенной структуре почвы хорошо сохраняется их след в виде тонкого отверстия — корневые ходы (фиг. 4).

Вокруг этих корневых ходов довольно часто откладываются толстым слоем отложения солей карбонатов, а иногда сульфатов. На участке Куйбышевского сельскохозяйственного института (КСХИ) отложения карбонатов встречаются постоянно на глубине 60 см и глубже.

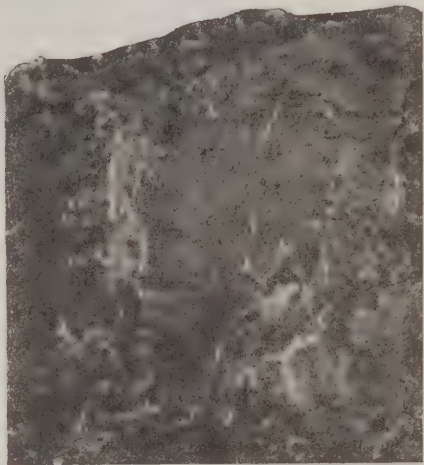
В почве Ершовского стационара (Нижеволжский край) подобные отложения наблюдались в единичных случаях, очень редко там же, по ходу корней, встречались и сульфатные отложения.

Эти солевые отложения наблюдались также отдельными очагами вне корневой системы. Остается невыясненным, являются ли они результатом химических реакций, протекающих в почве, или они образуются в результате жизнедеятельности микроорганизмов.

Как бы то ни было, наличие подобных отложений не может не отразиться на физико-химическом состоянии окружающей почвы, а это в свою очередь нарушает соотношение отдельных компонентов микробного сообщества.

Вокруг таких солевых отложений создается специфическая зона с определенным составом микроорганизмов.

Литературные данные (Липман, 1918; Гривс, 1918) в достаточной степени показывают, насколько резко меняется деятельность микроорганизмов в зависимости от солевого режима. Эти авторы, определяя продукты биохимических превращений, не учитывают возможности изменения микробного состава и наблюдаемые ими изменения самого



Фиг. 4. Корневые ходы на глубине 150—200 см, с отложением вокруг них карбонатов

процесса они рассматривают как результат изменения деятельности клеток.

Пружанская (1935) отмечает ошибочность таких взглядов и рассматривает эти явления как результат изменения в микробном сообществе под влиянием вносимых солей. Это подтверждается экспериментами ее собственными и других авторов [Конн, 1930; Иенсен (Jensen), 1935].

Мной и Рыбалкиной в 1932 г. наблюдалось значительное скопление *Spirillum desulfurans* (?) на участке молодого питомника астраханской зональной станции. Исследования этого участка производились с целью обнаружения там фузарии, вызывающего, по мнению местных работников гибель питомника. Исследуя почву по установленной нами схеме, мы натолкнулись на явный процесс восстановления сульфатов с образованием H_2S . Опыты велись в пробирках с большим слоем питательного раствора (на $\frac{3}{4}$ объема бактериальной пробирки) и полоской фильтрованной бумаги. Одновременно с разрушением бумаги или несколько позднее резко выделялся сероводород, а на дне осадок, и вносимая для заражения почва принимала черный цвет.

Предпринимая затем специальные исследования на растворе с сульфатами, мы во всех случаях обнаруживали резкую реакцию на H_2S , а под микроскопом наряду с разрушителями клетчатки — массу мелких спирил типа *Sp. desulfurans*.

Эти организмы развиваются в нижнем слое раствора, под пленкой, образуемой в растворе на некотором расстоянии от поверхности среды, т. е. развиваются в анаэробных условиях.

Наличие этих организмов показывает, что в почве с значительным количеством сульфатов и при частых поливах питомника создаются условия, благоприятствующие развитию специфической микрофлоры, которая вызывает процесс восстановления сульфатов с образованием H_2S . Это последнее по всей видимости и является причиной гибели питомника.

Солевые очаги в почве являются удобным материалом для микробиологических исследований. Здесь мы имеем как бы эксперимент, заложенный самой природой.

Для изучения микробного состава вокруг солевых очагов в почве, а также в самих очагах пробы брались в стерильные сосуды и в этот же день обрабатывались обычным способом, указанным в предыдущей работе (1935). Посевы производились на обычные агаровые и гелевые среды (пластинки геля, пропитанные питательным раствором), параллельно засоленные с прибавлением к ним 1% Na_2CO_3 , Na_2SO_4 , $NaCl$ и не засоленные.

Следует отметить, что на засоленных средах развиваются организмы, которые также хорошо или даже лучше растут на незасоленных; во всяком случае специфической микрофлоры мне не удавалось

установить. В виду того что на засоленных средах развиваются более разнообразные формы и в большом количестве, то я свои данные привожу именно с этих сред.

В табл. 4 сведены средние цифры, полученные из 3 повторений; каждая повторная проба высевалась на 3 чашках. Почва для контроля бралась тут же, отступя 5—10 см от солевых отложений.

Таблица 4

Микробный состав в почве вокруг солевых отложений и вне их сферы влияния (контроль).

Число колоний при посеве на П. А. $\frac{1}{20}$ см³ почвенной взвеси из разведения 1:1 000
А — Ершовский стационар, В — участок Куйб. с.-х. ин-та

Солевые отложен. и горизонт	Общее число колоний	Бактерии		Микро- кокки	Микро- бакт.	Актино- миц.	Грибы
		неспоро- нон.	споро- нон.				
А							
Карбонаты							
60—80 см	200	25	80	45	15	60	0
100—120 см	60	1	25	20	0	14	0
Контроль							
60—80 см	320	180	25	15	80	15	5
100—120 см	30	10	8	3	6	5	0
Сульфаты							
30—35 см	200	10	100	40	12	30	8
Контроль							
30—35 см	300	170	25	15	80	10	0
В							
Карбонаты							
50—70 см	450	60	150	80	35	120	5
120—150 см	150	10	80	25	5	25	0
200 см	75	0	20	25	2	28	0
Контроль							
50—70 см	500	260	35	12	120	70	3
120—150 см	140	60	18	16	36	10	0
200 см	80	35	15	5	15	8	1

Как видно из табл. 4, вокруг солей концентрируются главным образом, спороносные бактерии—микрококки и актиномицеты.

Здесь не наблюдается такого количества неспороносных бактерий, которых так много в отмирающей и распадающейся корневой системе

или даже в контрольной почве вне солевых отложений. Из спороносных форм преобладают бактерии типа *Bacillus terminalis*, *Bacillus centrosporus*, *Bacillus mycoides* в этих отложениях и вокруг них обычно не встречается; в сульфатных отложениях, наоборот, он часто выделяется на питательном субстрате, причем в почве Ершовского стационара атипичный, а на участке КСХИ типичный штамм¹. Из микрококков и актиномицетов выделяется большой процент цветных форм — синие, красные, яркожелтые и др.

Следует отметить, что организмы, принимаемые нами за микрококки, впоследствии при детальном изучении оказались в большинстве случаев микобактериями и так называемыми микококками. Эта последняя группа в настоящее время изучается мной и в скором времени будет описана в специальной статье.

Солевые отложения в разных почвах, как видно из табл. 4, влияют более или менее одинаковым образом на микробный состав. Как в поверхностных, так и в глубинных горизонтах почв, вокруг карбонатов и сульфатов обнаруживается почти тот же видовой состав; различие заключается лишь в количестве. Даже в столь различных почвах, как темнокаштановые почвы Ершовского стационара и черноземные почвы Куйбышевского сельскохозяйственного института, упомянутые соли воздействуют примерно одинаково на развитие микробов. Так, например, ни там, ни здесь вокруг карбонатов не обнаруживается *B. mycoides*, если же и встречается, то редко, тогда как в сульфатах он встречается в значительном количестве. Влияние солей на селекцию микроорганизмов к сожалению не удастся полностью выявить, так как вследствие недостаточности морфологических признаков и однородности строения различных видов бактерий трудно распознать, имеем ли мы дело с одним и тем же видом или с другим. *B. mycoides* является одним из организмов, хорошо определяемых по культуральному росту и некоторым морфологическим признакам.

Поэтому в условиях природы для установления влияний тех или других факторов данный организм является достаточно надежным показателем; нужно однако иметь в виду его способность расщепляться и давать новые расы, резко отличные и на первый взгляд совершенно не похожие на типичный штамм.

В отношении других организмов, как микрококков, микобактерий, можно говорить только о целой группе по чисто внешним признакам: окраске и строению колоний. Из наших наблюдений в солевых отложениях карбонатов, а равно и сульфатов значительное число обнаруживается цветных форм — красные, оранжевые и желто-лимонные.

¹ Описание типичного и атипичного штаммов *B. mycoides* приведено в работе напечатанной в журнале „Микробиология“ 1936 г.

Приведенные здесь наблюдения с достаточной ясностью показывают влияние органических и солевых включений в почве на микрофлору, ее качественный состав. Эти наблюдения были проверены ориентировочными опытами, результаты которых считаю уместным здесь привести.

Для опытов из органических соединений были взяты пептон, глюкоза, уксуснокислый натрий, лимоннокислый натрий, клетчатка; из неорганических — карбонаты, сульфаты, хлориды, нитраты и фосфаты.

Методика опытов такова. Гелевая пластинка примерно 16×18 мм и толщиной 5—8 мм, пропитанная раствором испытуемого вещества, помещалась между двумя предметными стеклами, которые на концах закреплялись проволочными нитками с таким расчетом, чтобы гелевая пластинка не выпадала и в то же время было достаточное пространство между стеклами (фиг. 5). Стеклянные пластинки зарывались в верхние горизонты почвы в вертикальном положении так, чтобы земля свободно проникала между стеклами и облегалась вокруг гелевых пластинок.

Так как гелевые пластинки быстро высыхают в почве, трескаются и превращаются в мелкие кусочки, поэтому весьма важно, чтобы при погружении их в почву они были засыпаны кругом землей. Кроме гелевых пластинок применялись также те же пластинки, приготовленные из почвы и пропитанные теми же веществами. По прошествии 2, 5, 10 и 20 суток пластинки вынимались и тут же подвергались обработке по следующему способу.

1. Обработка почвы, окружающей гелевые пластинки. Навеска почвы, примыкающая непосредственно к гелю, разбалтывалась в стерильной воде до разведения 1:1000 или более и из этого разведения производился посев на питательные среды.

2. Микроскопирование самих стекол по методу Росси-Холодного. После посева предметные стекла из-под опытов осторожно освобождались от приставшей земли и геля, окрашивались эритрозином и микроскопировались.

В качестве питательных сред применялись: а) гелевые пластинки, пропитанные различными растворами в соответствии со специфичностью выделяемых микробов; б) агаровые среды различного состава — белковые и небелковые, а также засоленные и незасоленные.



Фиг. 5. Схема опытной пластинки: а — гелевая пластинка между двумя предметными стеклами; А — вид сверху; В — вид с боку; С — пластинка, вынутая из почвы (между стеклами почва вплотную облегает гель)

При определении распада клетчатки в почве кусочки фильтровальной бумаги закладывались между телом и предметным стеклом, а еще лучше гелевая пластинка целиком покрывалась фильтровальной бумагой и помещалась между стеклами.

Концентрация солей для пропитывания опытных пластинок была следующая (в проц.): 0.0005, 0.05, 0.5, 1 и 5.

Опыты проведены на поливном участке Куйбышевского сельскохозяйственного института, в летний период — май — июль 1935 г.

Таблица 5

Влияние органических веществ на состав микрофлоры в почве КСХИ

Число колоний на П. А. при посеве $1/20$ см³ почвенной взвеси из разведения 1:1000

Органич. вещество, внесенное в почву	Бактерии		Микро- кокки	Микро- бакт.	Актино- миц.	Грибы	Дли- тельн. опыта в днях
	неспоро- нозн.	споро- нозн.					
Пептон	3000	70	50	250	100	1	2
	3500	80	100	300	280	0	5
	3000	120	80	200	230	0	10
	1200	150	250	300	300	10	20
	300	270	200	350	450	15	30
Глюкоза	600	40	170	500	120	10	2
	800	10	150	450	150	5	5
	500	12	200	350	100	8	10
	300	20	100	250	200	20	20
Уксуснокисл. натрий	350	20	100	300	250	30	2
	300	25	150	250	200	50	5
	250	23	80	350	340	45	15
	250	30	250	500	400	50	20
Лимоннокисл. натрий	400	30	150	500	350	25	2
	300	25	180	400	450	20	5
	350	50	120	450	350	23	20
Клетчатка	250	35	15	50	42	5	5
	500	25	20	60	50	8	20
	1 500	60	120	250	100	4	45

Результат этой серии опытов представлен в табл. 5 для органических соединений и в табл. 6 — для неорганических солей. Наибольшее число микроорганизмов развивается в опытах с пептоном, затем с глюкозой, значительно слабее с уксуснокислым и лимоннокислым натрием. В качественном отношении также заметно различие микрофлоры.

В опыте с пептоном, как и следовало ожидать, развиваются в преобладающем количестве неспороносные бактерии, среди которых много

флюоресцирующих. Выделенные основные штаммы оказались хорошими аммонификаторами.

Спороносные бактерии развиваются несколько позже и в значительно меньшем числе. К концу опытов, когда общее число микроорганизмов снижается, заметно увеличивается число актиномицетов. Повидимому группа актиномицетов развивается в данном случае не за счет пептона, а за счет продуктов его распада, а также за счет продуктов обмена веществ у бактерий и их собственного распада. Что касается спороносных форм, то, как видно, они в начале не развиваются в заметном числе и по всей видимости вытесняются мелкими неспороносными формами.

Это же подтверждается при непосредственном микроскопировании опытных пластинок с приставшей к ним микрофлорой. Поверхность таких пластинок сплошь покрыта мелкими неспороносными бактериями, среди которых отдельными группками расположены палочки со спорами. Точно так же мало встречается нитей актиномицетов и их спороношений, тогда как в конце опыта они зарастают почти сплошь.

В опытах с глюкозой развиваются неспороносные бактерии и микобактерии в преобладающем большинстве.

С уксуснокислым натрием число колоний микобактерий, выросших на питательной среде, примерно, такое же, как и неспороносных бактерий; в конце опытов микобактерий больше, чем неспороносных бактерий. Точно так же усиленно развиваются актиномицеты и отчасти микрококки. Такие же данные получаются и с лимоннокислым натрием. Очевидно эти кислоты усваиваются микобактериями и актиномицетами, как и в чистых культурах, быстрее и лучше, чем другими организмами, а так как их развитие протекает более замедленно, то в начале имеется некоторый перевес неспороносных форм бактерий.

Опыты с клетчаткой показывают, что последняя разрушается в контрольной почве вообще слабо. На пятый день при влажности от 10 до 20% по весу воздушно-сухой почвы при температуре 14—22°С на бумаге видны отдельные мелкие разъеденные пятна. Спустя 1½ месяца этих пятен становится несколько больше. Иногда бумага чернеет от разросшегося мицелия грибка из *Dematium*. Микрофлора, сопутствующая распаду клетчатки, однако развивается в значительном количестве, что видно из табл. 5, причем преобладающие формы принадлежат к неспороносным мелким бактериям тех же видов, которые обнаруживались нами при распаде корневой системы. Сравнительно позже развиваются и другие организмы, но в меньшей степени. На пластинках под микроскопом — много мелких палочек и нитей актиномицетов. Часто встречаются гифы грибов.

Приведенные опыты показывают, что состав органического вещества различно действует на развитие микрофлоры в почве, что на разной стадии распада состав микрофлоры меняется. Такие же примерно дан-

ные получены Земенской (Ziemiecka, 1935), применявшей метод Холодного в собственном видоизменении.

Вторая серия опытов над влиянием солей в различных концентрациях представлена в табл. 6.

Таблица 6

Влияние различных концентраций солей на количество микроорганизмов в почве КСХИ.

Число колоний на П. А. при высеве почвенной взвеси $1/20$ см³ в разведении 1:1 000

Название соли	Концентрация солей в %				
	0.005	0.05	0.5	1.0	5
NaCl	250	230	60	10	2
Na ₂ SO ₄	300	300	130	25	30
Na ₂ CO ₃	350	320	300	370	300
Na ₂ HPO ₄	600	400	50	10	0
NaNO ₃	700	750	400	150	60
Контроль	350	380	275	250	320

Из табл. 6 видно, что соли в концентрациях 0.5% и выше резко задерживают развитие бактерий, особенно резко выражено торможение фосфатами и хлоридами. Сульфаты задерживают развитие слабее, фосфаты и нитраты в слабых концентрациях, наоборот, резко стимулируют рост микроорганизмов в почве. В видовом составе микрофлоры в этих опытах резко изменяется с увеличением концентрации солей. Как правило во всех опытах хлорид и сульфат натрия задерживают развитие неспороносных бактерий (табл. 7).

Таблица 7

Качественный состав микрофлоры при воздействии 0.5% солей в почве КСХИ
Число колоний на П. А. при высеве почвенной взвеси $1/20$ см³ из разведения 1:100

Название соли	Бактерии		Микрококки	Микробактер.	Актиномиц.	Грибы	Клетчаточн. бакт.
	неспороносн.	спороносн.					
NaCl	30	120	250	80	100	0	0
Na ₂ SO ₄	85	180	300	250	450	3	0
Na ₂ CO ₃	1 200	120	200	1 000	250	25	15
Na ₂ HPO ₄	10	120	150	80	120	0	0
NaNO ₃	1 000	150	100	400	250	28	150
Контроль	1 500	85	80	800	250	35	10

В посевах на агаровые среды в чашки Петри неспороносные бактерии или совсем не обнаруживаются или насчитываются единицами при посеве значительной концентрации почвенной болтушки (1:100). Спороносные бактерии остаются в одном и том же количестве, что указывает на их устойчивость к солям. Они не развиваются в данных опытах, но и не погибают; микрококки, значительная часть которых оказалась впоследствии организмами, близкими к микобактериям, а также актиномицеты являются единственными формами, развивающимися при концентрациях в 0.5%. При 1—5% вообще развиваются только единичные клетки микрококков и актиномицетов.

В присутствии солей фосфорной и азотной кислоты в небольших дозах усиленно развиваются неспороносные бактерии, микобактерии, а также спороносные формы; актиномицеты и грибы развиваются позднее.

В больших концентрациях 1 и 5% развиваются микрококки и отчасти актиномицеты, значительно слабее — спороносные бактерии. Вообще при больших концентрациях микрококки и актиномицеты являются более устойчивыми формами, чем остальные микроорганизмы, поддающиеся учету в наших опытах.

В препаратах на стеклах наблюдается во всех случаях развитие мицелия актиномицетов, особенно в тех местах, где было свободное пространство между частицами почвы и опытными пластинками. В препаратах с нитратом и фосфатом на стеклах — масса мелких кривых палочек и кокковидных форм — часто в цепочках, по виду напоминающих микобактерии и проактиномицеты. Проактиномицеты по строению и циклу развития занимают промежуточное положение между актиномицетами и микобактериями. Описание этой группы последует в скором времени в специальной статье. В препаратах с большой концентрацией солей наблюдаются единичные клетки и гифы актиномицетов.

Третья серия опытов проведена с органическими веществами (пептон, глюкоза, лимоннокислый натрий и клетчатка) в присутствии солей NaCl , Na_2SO_4 , Na_2CO_3 в концентрациях 0.5% и более слабых. Опыты показали, что слабые концентрации солей не дают резкого отличия от приведенных выше опытов с одними органическими веществами, различие обнаруживается лишь с концентрацией 0.5% и выше. При этом на всех органических веществах, за исключением пептона, развиваются в преобладающем большинстве цветные формы микрококков, актиномицетов, слабее развиваются микобактерии и очень слабо — неспороносные формы (табл. 8).

Результаты, полученные с разложением клетчатки в присутствии солей, мне думается, заслуживают особого внимания.

Первые опыты, поставленные в той установке, как и все предыдущие, показали, что малейшие дозы нитратов сильно стимулируют

Таблица 8

Развитие микрофлоры при внесении смеси органического вещества в концентрации 3% солей 0.5% в пользу КСХИ

Число колоний на П. А. при посеве $1/20$ см³ почвенной взвеси из разведения 1:1 000

Внесенные вещества	Бактерии		Микро-кокки	Микро-бакт.	Актино-миц.	Грибы
	неспо-роносп.	споро-носп.				
Пептон						
С NaCl	600	85	50	150	35	2
„ Na ₂ SO ₄	800	45	140	275	138	1
„ Na ₂ CO ₃	3 500	120	80	1200	275	8
Глюкоза						
С NaCl	20	25	80	50	25	1
„ Na ₂ SO ₄	25	15	125	60	30	0
„ Na ₂ CO ₃	300	120	30	120	25	5
Лимоннокислый натрий						
С NaCl	13	25	130	80	50	4
„ Na ₂ SO ₄	18	28	98	120	80	12
„ Na ₂ CC ₃	250	32	150	350	270	25

развитие целлюлозных бактерий, а следовательно и распад фильтровальной бумаги. Уже на пятый день опыта при влажности 18–20% и температуре 20—25° С бумага, вынутая из почвы, была почти сплошь покрыта разъеденными пятнами, тогда как с другими солями и в контроле обнаруживаются только единичные пятна или бумага остается совсем нетронутой.

Неоднократно повторенные опыты показали, что процесс распада бумаги в присутствии нитратов протекает весьма бурно при благоприятных условиях влажности и температуры почвы.

При высыхании почвы резко задерживается развитие целлюлозных бактерий, бумага быстро подсыхает и не разрушается. А так как в полевой обстановке невозможно было благодаря частой смене погоды получить благоприятные условия, то дальнейшие опыты с клетчаткой перенесены были в лабораторию, с соответствующим изменением методики. Эта часть опытов была проведена в экспедиции вместе со студенткой А. И. Кореняко. Методика была такова: в чашки Петри помещалась почва по 25 г в каждой, доводилась до влажности 60—80% от полной влагоемкости и тщательно размешивалась с раствором солей, распределялась ровным слоем и затем на поверхность ее накладывался кружок фильтровальной бумаги; чашки помещались при температуре 20—25° С.

В почву вносились испытуемые соли, карбонаты, сульфат, хлориды, фосфаты, нитраты в разных концентрациях.

Через 3—5 суток уже ясно заметно было развитие целлюлозных бактерий, а на 10 сутки производился подсчет ясно выраженных пятен распада бумаги. Опыты показали, что наибольший распад клетчатки происходит в присутствии нитратов, причем с разными катионами Ca, Na, K примерно одинаково интенсивно. Лучшая концентрация нитратов, дающая наибольший эффект — 0.05—0.005% по отношению к весу воздушно-сухой почвы; хорошие показатели получаются также и при более слабых концентрациях — 0.0005%; концентрации 0.5—1% задерживают развитие целлюлозных бактерий (табл. 9).

Таблица 9

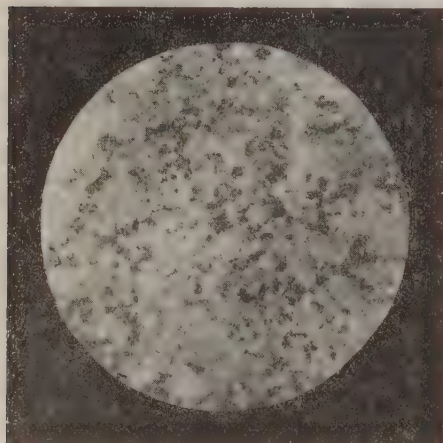
Рост целлюлозных бактерий в почве с клетчаткой в присутствии солей в разных концентрациях по отношению почвы (число разведенных участков на бумаге)

Соли, внесенные в почву	0.005%	0.05%	0.5%	1%	Влажность почвы в проц.	Температура почвы °C	Длительность опыта в сутках
KNO ₃	150	50	3	0	60	25	5
	350	200	15	1	60	25	10
	сплошь	400	20	2	60	25	20
K ₂ HPO ₄	15	2	0	0	60	25	5
	50	15	1	0	60	25	10
	80	25	3	0	60	25	20
KCl	5	0	0	0	60	25	5
	15	2	0	0	60	25	10
	16	2	0	0	60	25	20
K ₂ CO ₃	7	3	2	2	60	25	5
	20	10	12	10	60	25	10
	21	11	12	11	60	25	20
Контроль	2	—	—	—	60	25	5
	15	—	—	—	60	25	10
	17	—	—	—	60	25	20

Фосфаты стимулируют развитие целлюлозных бактерий в слабой степени и лишь при слабых концентрациях — 0.0005%. При концентрации 0.05% число колоний, развивающихся на фильтровальной бумаге, значительно меньше, а при 0.5% роста почти нет. На контрольных пластинках развитие целлюлозных форм в опытах с почвой КСХИ идет вообще слабо. На 20 сутки насчитывалось всего 10—20 колоний,

причем сами колонии или, вернее, пятна распада бумаги очень мелкие. На фотографии они едва заметны.

Для иллюстрации и сравнительной характеристики распада клетчатки под влиянием нитратов и фосфатов с контролем привожу фотографические снимки (фиг. 6, 7 и 8).



Фиг. 6. Разложение клетчатки в почве в присутствии нитратов (на 10 суток роста при температуре 20—25° С)



Фиг. 7. Разложение клетчатки в почве в присутствии фосфатов (на 10 суток роста при температуре 20—25° С)

Все культуры были засняты с одного опыта при одинаковых условиях их роста (на фиг. 6 с нитратами KNO_3 , фиг. 7 с фосфатами K_2HPO_4 и фиг. 8 контрольной почвой, без солей).

Влияние остальных солей не сказывается заметным образом на развитии целлюлозных бактерий; при концентрации 0.005% число колоний примерно такое же, как и в контроле. Более высокие концентрации солей угнетают развитие целлюлозных бактерий.

Что касается качественного состава разрушителей клетчатки, то следует отметить их однообразие. Во всех случаях развития целлюлозных бактерий с ясно заметным распадом клетчатки обнаруживаются мелкие палочки и кокки, которые по своему количеству преобладают над всеми другими.

Кроме упомянутых бактерий на клетчатке развиваются цветные формы микробов: розовые, зеленые, желтые, которые ослизняют бумагу, но не разлагают ее, или разлагают очень слабо; спустя 1—1½ месяца бумага лишь слабо просветляется. Эти организмы по форме клеток, цвету колоний и характеру роста близки или

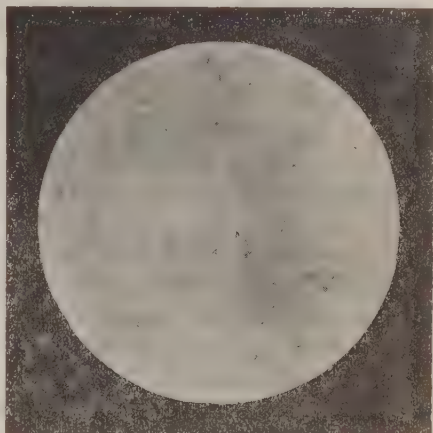
тождественны с описанными в предыдущей статье. По исследованию д-ра А. А. Имшенецкого большинство из них относится к микобактериям (см. статью в „Микробиологии“ за 1936 г.). Число их весьма значительно, часто они покрывают почти сплошь всю поверхность бумаги.

При подсчете они однако не принимались мной во внимание и не учитывались в приведенных таблицах.

При разрушении клетчатки в почве развиваются вначале исключительно неспороносные бактерии, число которых настолько велико, что при высеве их на пептонный агар в чашки Петри при разведении 1:100000 колонии сплошь покрывают поверхность среды.

Позднее, когда бумага вся разрушена, на поверхности таких пластинок развиваются колонии актиномицетов; при высеве на агар почвы, взятой с поверхности такой пластинки, развивается преобладающее число актиномицетов, меньше микобактерий.

Число спороносных бактерий в этих условиях не увеличивается, или увеличивается слабо. Однако, так не всегда бывает. Часто в процессе разрушения клетчатки начинает развиваться грибная флора, из группы несовершенных, большинство со стерильным воздушным мицелием. Эти грибы подавляют рост целлюлозных бактерий, распад клетчатки приостанавливается или она разрушается грибной флорой, но значительно медленней, пропитываясь иногда бурым веществом.



Фиг. 8. Распад клетчатки в контрольной почве (на 10 сутки роста при температуре 20—25° С)

Выводы

1. Органическое вещество, а также многие соли распределяются в почве неравномерно.

В каждом отдельном участке, как бы мал он ни был имеются очаги этих веществ. Вокруг этих скоплений и в самих скоплениях развивается микрофлора, количественно и качественно отличающаяся от среднего показателя, получаемого при обычных методах исследований.

В зависимости от состава органического вещества, различен и состав микрофлоры. Процессы, вызываемые им в почве, протекают неодинаково. Видовой состав микробного сообщества меняется на разных стадиях распада органического вещества корней.

2. Пептон, внесённый в почву, в первое время подвергается распаду в основном неспороносными бактериями и отчасти спороносными, впоследствии в почве с пептоном развиваются другие микроорганизмы — актиномицеты, микрококки, микробактерии, физио-

логическая деятельность которых иная, чем у неспороносных бактерий.

3. Укусно-кислый и лимонно-кислый натрий селекционирует в основном группу микобактерий, актиномицетов и микрококков и значительно меньше — неспороносных бактерий.

4. Клетчатка, подвергаясь распаду специфической микрофлорой — целлюлозными бактериями — способствует продуктами своего распада усиленному развитию неспороносных бактерий, которые затем сменяются актиномицетами и отчасти грибами.

5. В присутствии сульфатов и хлоридов при концентрациях 0.5%, и более в почве развиваются в преобладающем числе микрококки и актиномицеты, а также значительное число спороспособных форм. Общее число микробов в указанных концентрациях резко понижается, причем снижение происходит главным образом за счет неспороносных бактерий. Последние, будучи менее приспособленными или менее устойчивыми к большим концентрациям, вытесняются организмами, менее чувствительно реагирующими на засоленность.

6. В присутствии органических веществ влияние солей сказывается не в меньшей степени, а в некоторых случаях резко выражено на селекцию микрофлоры. Надо полагать, что биохимический процесс разрушения органических соединений в засоленных участках почвы происходит по иному пути и вызывается иными организмами, чем в незасоленных почвах.

7. Процесс разрушения клетчатки в почве Куйбышевского сельскохозяйственного института резко стимулируется нитратами. Прибавление последних даже в очень слабых концентрациях (0.005%) дает усиленный рост целлюлозных бактерий и значительное ускорение распада бумаги.

8. Неспороносная группа бактерий, являясь одной из самых распространенных в почве, развивается в значительном количестве в тех местах или очагах почвы, где имеются налицо легко усвояемые органические вещества. При внесении в почву органических удобрений эта группа микробов в своем развитии при других благоприятных условиях преобладает над всеми остальными. В дальнейшем, когда значительная часть легко усвояемого вещества использована и когда быть может в данном очаге накапливается много продуктов обмена веществ самих бактерий, тогда развиваются другие виды, и процесс дальнейшего превращения органического вещества будет протекать в ином направлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградский С., Ann. Inst. Pasteur, t. 39, 1925, p. 299.
2. Конн Н., N. Y. St. Agr. Exp. Station, Techn. Bull. № 172, 1930.
3. Jbid., № 64, 1918.
4. Конн Н., Soil. Science, v. 14, 1922, p. 149.
5. Конн Н., Centrib. f. Bakter., II, 87, 1932 S. 233.
6. Demeter K. Mosse, Centrib. f. Bakt., II, 88, 1932, S. 384.
7. Graeves Y., Soil. Science, V. 6, 1918, 163 и 217.
8. Gray P. a. Thornton H., Nature, 1928, 400.
9. Jensen H., Proc. Zinn. Soc., N. S. W., v. 60, 1935, p. 145.
10. Костычев С., Труды с.-х. микробиологии, т. I, 1926 стр. 1.
11. Красильников Н., Рыбалкина А., Кондратьева Т. и Габриелян. Труды комиссии по ирригации Акад. Наук СССР, 1934, вып. 3, стр. 141.
12. Liptan Y., Soil. Sci. v. 2, 1916, 499, v. 5, 1918, 251.
13. Пружанская Е., Изв. Акад. Наук СССР, 1934, стр. 967.
14. Степанова М., Труды отдела с.-х. микробиологии, т. III, 1928, стр. 45.
15. Разумов А., Микробиология, т. II, 1933, стр. 346.
16. Rossi G., Цитир. по Успенскому, см. дальше.
17. Шульгина О., Труды с.-х. микробиологии, т. II, 1927, стр. 129.
18. Успенский Е., Микробиология, т. II, 1933, стр. 105.
19. Ziemięcka J., Centrib. f. Bakt., II, 93, 1935, S. 156.

N. A. KRASSILNIKOV. DIE HERDARTIGE VERBREITUNG VON MIKROORGANISMEN IM BODEN

ZUSAMMENFASSUNG

1. Die organische Substanz, wie auch viele Salze verteilen sich im Boden ungleichmässig.

In jeder einzelnen Parzelle, wie klein sie auch sei, finden sich Herde dieser Substanzen. Um diese Ansammlungen herum, wie auch in ihnen selbst, entwickelt sich eine Mikroflora, die sich quantitativ und qualitativ von dem bei gewöhnlichen Forschungsmethoden gewonnenen Durchschnittsindikator unterscheidet.

In Abhängigkeit vom Bestand der organischen Substanz ist auch der Bestand der Mikroflora verschieden, und die im Boden dadurch hervorgerufenen Prozesse verlaufen auch verschieden. Der Artbestand der Mikroben wechselt mit den verschiedenen Stadien des Zerfalls der organischen Wurzelsubstanz ab.

2. Der Zerfall von in den Boden eingefürtem Pepton wird in der ersten Zeit hauptsächlich durch sporenlose und teilweise durch sporentragende Bakterien bewirkt; späterhin entwickeln sich in peptonhaltigem Boden andere Mikroorganismen, Aktinomyzeten, Mikrokokken, Mikrobakterien, deren physiologische Tätigkeit eine andere als die der sporenlosen Bakterien ist.

3. Essigsäures und zitronensäures Natrium selektioniert hauptsächlich die Gruppe der Mikrobakterien, Aktinomyzeten und Mikrokokken und in bedeutend geringerem Masse die der sporenlosen Bakterien.

4. Das durch die spezifische Mikroflora — die Zellulosebakterien — zum Zerfall gebrachte Zellengewebe fordert durch seine Zerfallprodukte die Entwicklung der sporenlosen Bakterien, welche darauf von Aktinomyzeten und teilweise von Pilzen abgelöst werden.

5. Bei Vorhandensein von Sulphaten und Chloriden in Konzentrationen von 0.5% und mehr entwickeln sich im Boden vorwiegend Mikrokokken und Aktinomyzeten, wie auch eine bedeutende Anzahl sporentragender Formen. Die Gesamtzahl der Mikroben nimmt in den erwähnten Konzentrationen stark ab wobei die Abnahme hauptsächlich auf Kosten der sporenlosen Bakterien vor sich geht. Da die letzteren starken Konzentrationen weniger angepasst oder weniger beständig gegen dieselben sind, so werden sie von weniger empfindlichen, jedoch auf Salzgehalt reagierenden Organismen verdrängt.

6. Beim Vorhandensein von organischen Substanzen äussert sich der Einfluss der Salze in nicht geringerem Masse und ist in einigen Fällen schärfer in der Selektion der Mikroflora ausgeprägt. Man muss annehmen, dass der biochemische Zerstörungsprozess der organischen Verbindungen in salzhaltigen Teilen des Bodens auf anderem Wege vor sich geht und durch andere Organismen als in salzfreien Böden hervorgerufen wird.

7. Der Zerstörungsprozess des Zellengewebes im Boden des Kuibyschev Instituts für Landwirtschaft wird durch Nitrate stark stimuliert. Ein Hinzufügen derselben, sogar in sehr schwachen Konzentrationen (0.005%), ergibt eine lebhafte Zunahme der Zellulosebakterien und eine bedeutende Beschleunigung des Papierzerfalls.

8. Die sporenlose Gruppe der Bakterien, die eine der im Boden am weitesten verbreiteten ist, entwickelt sich in bedeutenden Mengen an den Orten oder in den Herden des Bodens, wo leicht zu assimilierende organische Substanzen vorhanden sind. Beim Einführen von organischen Düngemitteln in den Boden überwiegt die Entwicklung dieser Bakteriengruppe unter weiteren günstigen Bedingungen die Entwicklung aller andern Gruppen. Weiterhin, wenn ein bedeutender Teil der leicht assimilierbaren Substanzen aufgebraucht ist, und sich in dem betreffenden Herde möglicherweise viele Produkte des Stoffwechsels der Bakterien selbst ansammeln, entwickeln sich andere Arten, und der Prozess der weiteren organischen Umwandlung der Substanz wird in der gleichen Richtung verlaufen.

А. И. АХРОМЕЙКО

О ВЫДЕЛЕНИИ КОРНЯМИ РАСТЕНИЙ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ

(Представлено академиком А. А. Рихтером)

Путем проведения вегетационных опытов в изолированных культурах доказано выделение корнями растений фосфорной кислоты, как следствие их физиологической функции. Выделение P_2O_5 у лютика, гороха, гречихи, горчицы и ярового рапса достигало 14—34% от всей фосфорной кислоты, поглощенной надземной массой растения. У злаковых продвижения минеральных веществ подчиняются другим закономерностям, вследствие чего они не могут выделять в заметных количествах P_2O_5 .

Наличие на корнях бобовых клубеньковых бактерий несомненно находится в причинной зависимости от выделения растением фосфорной кислоты и других веществ, которые служат источником пищи для бактерий.

Фосфорная кислота, выделяемая бобовыми и масличными, может быть использована также другим растением.

Результаты проведенных исследований дают основания для научного подхода к применению удобрений под разные культуры того или иного севооборота, а также для установления порядка их чередования.

Вопрос о выделении корнями минеральных веществ имеет большую давность и сравнительно большую литературу. Однако, несмотря на это сущность этого явления исследователями до сих пор не раскрыта и все работы, посвященные выделению корнями минеральных веществ, носят характер чисто случайного описания отдельных разрозненных фактов, не связанных с жизнью растения никакой общей идеей и в большинстве случаев не имеющих количественного выражения, а ограничивающихся лишь качественными показателями.

Первые исследователи, стремившиеся научно осветить проблему о корневых выделениях — J. Liebig (1) и J. Sachs (2), интересовались главным образом их кислыми свойствами и связанной с этим возможностью растворения ими труднодоступных для растения питательных веществ почвы.

Fr. Czarek (3) в своей работе о корневых выделениях отмечает, что до него не было дано химической характеристики корневым выделениям. Исследователи ограничивались реакцией на лакмус и вытравливанием каменных плит. В своих исследованиях Czarek установил, путем качественной пробы, на сравнительно большом числе растений

выделение корнями азота, калия, фосфорной кислоты, серной кислоты, кальция и др. элементов и веществ.

Корневые выделения Czarek изучал, помещая молодые корни или в дистиллированную воду или же в насыщенное водяным паром пространство. В последнем случае корни выделяли капельки, в которых и находились в растворенном состоянии минеральные вещества. Причиной выделения капелек по Czarek'у является изменение тургора клеток растения под влиянием давления водяного пара. Выделение растением сока — нектара W. Wilson (4) объясняет изменением осмотического давления в нектарниках под влиянием накопления сахара. Czarek не считает возможным принять подобное объяснение к корневым выделениям. Покраснение лакмуса Czarek объясняет выделением корнями монокалиевого фосфата. В общем же выделенные корнями капельки в большинстве случаев имеют по Czarek'у нейтральную реакцию, тогда как по Höveler'у (5) они имеют кислую реакцию.

S. Simon (6) отождествляет корневые выделения с выделением растением ненужных ему веществ (отбросов своего рода). H. Gotta (7) относится отрицательно к такой точке зрения. H. Link (8), Garreau и Brauwiers (9) и D. Cauvet (10) считают, что корневые выделения есть не что иное, как выделения отмерших чехликов и вообще мертвых клеток. В результате разложения последних и появляются „так называемые корневые выделения“.

Masaire Princер (11) применил (кажется впервые) для проверки наличия у растений корневых выделений метод изолированных культур. Автор вносил в один сосуд дистиллированную воду, в другой же — поваренную соль, известковую воду и уксуснокислый свинец. Через некоторое время в сосуде с дистиллированной водой он обнаружил, путем качественной пробы, те же элементы.

Unger (12) и Врасоппот (13) выставили два принципиальных возражения против результатов эксперимента Princер'а; следы найденных Princер'ом в сосуде с дистиллированной водой названных минеральных веществ могли быть обнаружены как в силу того, что эти вещества поднялись по корням вверх, так и по причине передачи в воду следов этих веществ мертвыми корнями. Эти же возражения относятся и к результатам работы A. Chatin'a (14) (выделение корнями мышьяковистой кислоты).

В исследованиях E. Schulze и W. Umlauta (15) люпин после 13-дневного пребывания на дистиллированной воде выделял как органические, так и минеральные вещества. В этом случае также не установлено, выделялись ли обнаруженные вещества живыми клетками или же мертвыми.

W. Кнор (16) обнаружил среди корневых выделений у бобовых растений заметные количества фосфорной кислоты.

Kunze (17) также наблюдал выделение корнями фосфорной кислоты.

По R. Кон'у (18) корневых выделений вообще нет у растений. Есть лишь мнимые корневые выделения, зависящие от электролитического действия корней на окружающие их растворы солей. Корни всякого растения по Кон'у, подобно электродам, разлагают окружающие их соли на положительные и отрицательные ионы и притягивают кислоты. Скопленные в прикорневой зоне кислоты и создают впечатление, что они выделены корнями.

I. Stoklasa и A. Ernest (19), изучая процесс выделения корнями разных растений CO_2 и других органических кислот (при достаточном и слабом обеспечении кислородом), не нашли среди корневых выделений свободных минеральных кислот, а также монофосфата калия (на чем настаивал Czapek).

Th. Pfeiffer и E. Blank (20) зная, что бобовые лучше используют P_2O_5 фосфорита, чем злаки, поставили своей целью выяснить, чем объясняется это явление: тем ли, что бобовые больше выделяют углекислоты (на что в литературе неоднократно указывалось) или же какими-нибудь другими причинами. С этой целью они провели опыт в песчаных культурах, в которых P_2O_5 давалась в виде русского фосфорита, и в сосуды со злаками дополнительно вводилась углекислота. Результаты показали, что бобовые и при этих условиях использовали P_2O_5 из фосфорита значительно лучше, чем злаки. На основании этого авторы сделали вывод, что бобовые кроме CO_2 выделяют и другие кислоты.

Maze (21), проведя опыты в стерильных условиях, обнаружил (качественная проба), что кукуруза выделяет хлориды, сульфаты, яблочную кислоту и редуцирующие сахара.

И. С. Шулов (22) тоже в стерильных опытах обнаружил среди корневых выделений следы фосфорной кислоты.

G. Truffaut (23) показал, что луковицы гиацинта, находясь в дистиллированной воде, выделяют CO_2 , HCl , H_2SO_4 , известковые и магниевые соли.

Pristley and Wormall (24) обнаружили среди ряда органических выделений у виноградной лозы также и фосфорную кислоту, выделенную ее корнями.

О. Ф. Туева (25), перемещая корни пшеницы (разного возраста) из полной питательной смеси в дистиллированную воду или же в буферную смесь с разными pH нашла, что корни пшеницы выделяют при кислой реакции значительно больше кальция, чем при щелочной (в последнем случае часто вовсе не было обнаружено выделения катионов).

А. М. Осипова и М. В. Юферова (26) изучали выделения корнями кукурузы и пшеницы серной и фосфорной кислот при различных pH среды (дистиллированная вода или же разбавленные буферные смеси). Авторы обнаружили, что минимум экзосмоса названных элементов

лежит: для пшеницы при $pH = 6.6$, для кукурузы при $pH = 6.7$. В обе стороны от названных точек (как в кислом, так и в щелочном интервале pH экзосмос PO_4 и SO_4 усиливается).

Минимум экзосмоса PO_4 и SO_4 при pH 6.6 и 6.7 авторы объясняют тем, что при этих точках pH белок пшеницы и кукурузы находится в изoeлектрическом состоянии.

А. В. Благовещенский, В. А. Попова и А. И. Соседов (27), изучая экзосмос азота и фосфорной кислоты из корней хлопчатника и помещая их для этой цели на определенный срок в дистиллированную воду, в дальнейшем подвергали эти растения анализу на N и P_2O_5 . Экзосмос был установлен по разности азота и фосфорной кислоты (поглощенных растением за весь период) между контрольными растениями (все время находящимися на питательной смеси) и растениями, временно переносящимися из питательной смеси на дистиллированную воду.

Во всех перечисленных работах выделение корневой системой минеральных веществ обуславливалось разным осмотическим давлением их (минеральных веществ) внутри корней и вне их. Вполне понятно, что корни любого растения, находясь на питательной смеси, всасывают, поглощают все элементы, входящие в состав питательной смеси. Очевидно также, что после перенесения корней из питательной смеси на чистую дистиллированную воду, или на разбавленный раствор мы тем самым резко уменьшаем осмотическое давление в среде окружающей корневую систему, в результате чего и происходит выравнивание нарушенного осмотического давления, т. е. отток минеральных веществ из корня в окружающую его среду (воду).¹ Наблюдаемый при таких условиях экзосмос питательных веществ является совершенно естественной ответной реакцией корней растения на насильственное уменьшение осмотического давления в окружающем корни растворе. Но такое выделение корнями минеральных веществ так же далеко от естественных, физиологических функций растения, как далеко от естественных функций животного выделение им после ранения крови. Вполне очевидно также, что наблюдаемый в таких условиях экзосмос минеральных веществ присущ всякому растению в любом возрасте. Он мало также изменяется когда для опыта вместо целого растения берется отрезанная от него корневая система (исследования Туевой).

Само собой разумеется, что можно подобрать такой концентрации питательную смесь, что помещаемая в нее корневая система того или иного растения будет или поглощать входящие в ее состав элементы или же выделять. Это экспериментально доказано исследованиями

¹ Сказанное целиком относится и к исследованиям Hogland'a (28), Davidson'a и Wherry (29) и др., им подобным.

II. Пуже и Д. Шушак (30, 31) над поглощением пшеницей фосфорной кислоты. Опыты авторов показали, что когда концентрация раствора P_2O_5 ниже 0.1 мг на литр, то пшеница выделяет фосфорную кислоту. Если концентрация раствора P_2O_5 превышает 0.1 мг на литр, то наблюдается поглощение пшеницей фосфорной кислоты, причем вначале поглощение растет быстрее, чем соответственное увеличение концентрации P_2O_5 ; затем идет пропорционально концентрации (около 1 мг на литр); далее — отстает от повышения концентрации, и, наконец, совершенно не зависит уже от концентрации раствора, а обуславливается исключительно усвоением фосфорной кислоты растением.

Меняющийся характер поглощения и выделения корнями элементов питательной смеси в зависимости от их концентрации доказан также для кальция исследованиями Туевой (25).

Попутно следует отметить, что к поглощению тех или иных минеральных веществ — при более высокой их концентрации в растворе, чем в тканях растения — способны не только целые живые растения, но и отдельные части их. Walter Stiles (32) показал, что небольшие диски, вырезанные из корней и клубней свеклы, моркови, пастернака, турнепса, будучи погружены в растворы NH_4Cl , $(NH_4)_2SO_4$, KCl , $NaCl$ и Na_2SO_4 поглощали разные ионы в разных количествах. Автор считает, что равновесие в данной системе поддерживается диффузией ионов другого химического состава, направляющихся из ткани в раствор.

Более правильно с методической точки зрения проведены работы Wilfarth'ом, Pfeiffer'ом, Gile, André и Литвиновым. Названные авторы пытались подойти к вопросу о корневых выделениях путем анализа тех или иных растений в разные периоды их жизни. Построенная на основании этих анализов кривая накопления растением питательных веществ и служит характеристикой поглощения или выделения растением тех или иных элементов питания.

H. Wilfarth, H. Römer и G. Wimmer (33), проведя в разные периоды анализы растений, выросших в поле и в вегетационных сосудах, обнаружили убыль натрия, азота и калия после цветения у ячменя, яровой пшеницы, гороха и горчицы (убыли фосфорной кислоты не обнаружено). У картофеля убыли питательных веществ совершенно не было. Причины этого явления авторы не анализируют.

Th. Pfeiffer (34) провел подобные же исследования над ячменем, яровой пшеницей и картофелем в разные периоды роста и получил точно такие же результаты, как и Wilfarth. На основании своих исследований Pfeiffer считает, что причиной перемещения питательных веществ из стебля в корень, а из корня в почву является вымывание их.

André (35) также изучал поглощение ячменем по периодам роста (начало колошения, начало цветения, начало созревания, полная зрелость, перезрелость) питательных веществ.

Результаты получились примерно те же, что и у Pfeiffer'a: начиная с периода цветения, в урожае ячменя наблюдается убыль K_2O , MgO и CaO . Содержание фосфорной кислоты все время росло. Андрес (36) на основании анализа всех известных ему работ о корневых выделениях приходит, подобно Pfeiffer'у, к заключению, что выделение корнями минеральных веществ есть функция вымывающего действия воды, и когда это действие воды устранено — в растении наблюдается непрерывный процесс накопления минеральных веществ по мере его развития.

P. L. Gile и I. O. Carrero (37) изучали содержание минеральных веществ на разных стадиях роста у риса. Авторы обнаружили, что в подземных частях риса содержание CaO , MgO и P_2O_5 не уменьшается и с увеличением возраста риса.

Л. С. Литвинов и С. С. Колотова (38), изучая накопление минеральных элементов по разным периодам роста у кукурузы, нашли, что в водных культурах (на смеси Кюпа), начиная со стадии цветения, кукуруза экзосмирует калий, кальций и азот. Убыли в содержании фосфорной кислоты у кукурузы в водных культурах не обнаружено. Подобные же исследования, проведенные авторами над кукурузой, выросшей в полевой обстановке, вообще не обнаружили убыли питательных веществ. Наоборот, в поле наблюдалось непрерывное накопление в урожае кукурузы элементов питания.

Virtanen (56) изучал доступность азота клубеньков бобовых растений для других растений, совместно высеваемых с бобовыми. Проведенный им опыт в стерильных песчаных культурах показал, что азот клубеньков гороха доступен для совместно посеянного с ним ячменя.

Беглое ознакомление с результатами приведенных выше работ (использованная сводка отнюдь не является полной) показывает, что вопрос о выделении корнями минеральных веществ далеко не разрешен наукой. Точнее говоря — вопрос этот только поставлен. В самом деле, если потеря растением минеральных веществ под влиянием вымывающего действия воды и не подлежит сомнению (предыдущими исследованиями только это и доказано твердо), то совершенно неизвестно, являются ли корневые выделения следствием нормальной физиологической деятельности растения (иначе говоря, во всех ли условиях произрастания выделяет растение минеральные вещества), или же они появляются только в случае обработки растения водой? Если предположить, что выделение корнями минеральных веществ является физиологически необходимой функцией нормально развивающегося растения, то возникает следующий вопрос: все ли элементы питания выделяются тем или иным растением, или же определенным семействам растений свойственно выделять определенного состава минеральные вещества? Далее, в результате каких физических и биологических изменений происходит выделение корнями элементов питания? Каков суточный и сезонный (за весь вегетационный период растения) цикл корневых

выделений и т. п. Все эти вопросы почти еще совершенно не затронуты исследователями и ждут своего разрешения.

Некоторому разъяснению и изучению затронутых выше вопросов и посвящена излагаемая работа.

В течение 1932—1934 гг. под руководством автора настоящей работы были проведены исследования над поглощением питательных веществ коноплей и пшеницей на разных стадиях их роста. Исследования проводились на Шатиловской опытной станции научным работником химической лаборатории В. И. Шевелевой. Подробное изложение результатов этих работ будет опубликовано В. И. Шевелевой в Трудах Шатиловской станции. Здесь мы приводим только некоторые данные из этих работ. Данные, характеризующие поглощение питательных веществ коноплей, приводятся в табл. 1 и 2. Данные же, характеризующие поглощение питательных веществ пшеницей, приводятся в табл. 3 и 4.

Таблица 1

Поглощение питательных веществ 1000 растениями итальянской конопли (вегетационный опыт)

Сроки взятия проб	Без удобрения								По полному минеральному удобрению							
	Вес 1000 раст. в г	Вынос питательных веществ						Вес 1000 раст. в г	Вынос питательных веществ							
		в г			в проц. от максимального				в г			в проц. от максимального				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
10 VI	44.5	1.05	0.32	0.84	12.8	4.6	14.4	541.6	29.5	7.5	13.6	54.6	22.6	30.7		
22/VI	104.0	1.89	0.62	1.47	23.0	8.9	25.2	1101.7	42.6	11.9	24.8	78.8	35.9	56.4		
4/VII	—	—	—	—	—	—	—	2363.7	43.8	17.7	36.4	81.1	53.6	82.6		
16/VII	122.5	1.95	1.12	1.49	23.8	16.0	25.6	3849.5	42.7	23.3	37.8	79.1	70.5	85.9		
28/VII	—	—	—	—	—	—	—	4474.0	52.7	29.7	41.5	97.6	89.7	94.2		
10/VIII	281.9	3.91	3.23	2.93	47.7	46.3	50.3	5661.2	54.0	33.1	44.0	100	100	100		
21/VIII	624.0	8.20	6.98	5.82	100	100	100	5702.7	47.5	32.0	40.8	88.1	96.7	92.6		
4 IX	670.0	7.51	6.53	4.30	91.5	93.4	73.9	6062.0	37.1	25.7	38.0	68.7	77.8	86.2		

Из рассмотрения данных табл. 1 и 2 видно, что у конопли как в условиях полевого опыта, так и в условиях вегетационного опыта наблюдается отток питательных веществ из надземной массы (опыт был проведен только в почвенных культурах — поэтому корневая система не анализировалась). При этом обнаружилось, что по фону полного минерального удобрения предел максимального накопления коноплей питательных веществ наступает значительно раньше, чем по неудобренному фону. В полном соответствии с этим и размеры оттока (или потерь) из надземной массы питательных веществ в первом случае достигают значительно большей величины, чем во втором.

Поглощение питательных веществ коноплей
(полевой опыт)

Таблица 2

Сроки взятия проб	Без удобрения								По полному минеральному удобрению							
	Вес сухой массы в кг/га	Вынос питательных веществ							Вес сухой массы в кг/га	Вынос питательных веществ						
		в кг/га			в проц. от максимального					в кг/га			в проц. от максимального			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N		P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
28. VI	102.1	4.27	0.62	1.38	2.3	1.7	2.8	693.8	32.4	6.8	10.8	13.5	13.5	10.9		
10/ VII	415.8	15.4	2.15	8.3	8.4	15.9	16.8	1831.5	70.9	11.5	36.6	29.6	23.0	37.2		
22. VII	2009.5	77.4	12.0	28.1	42.1	33.1	57.2	5715.4	196.6	36.0	71.4	82.1	71.8	72.5		
4/ VIII	4272.0	125.6	20.2	47.8	68.3	55.8	97.3	9852.3	239.4	50.1	98.5	100	100	100		
15/ VIII	5818.6	140.2	27.1	50.0	76.2	74.7	101.7	8991.8	173.5	38.6	103.4	72.5	76.9	104.9		
26. VIII	9836.6	183.9	36.3	49.2	100	100	100	10622.9	179.5	46.1	106.2	75.0	91.6	107.8		
5/ IX	—	—	—	—	—	—	—	9008.1	131.5	32.8	72.0	54.9	65.4	73.1		
21 IX	8784.6	135.3	21.3	29.9	73.5	58.8	60.7	—	—	—	—	—	—	—		

Наблюдаемые в полевом опыте потери сухой массы объясняются как оттоком, так и вымыванием дождями органических веществ, а также возможностью некоторой потери опадающих листьев. Отмеченное обстоятельство (потеря сухого вещества) не меняет сделанного нами вывода об оттоке из надземной массы конопли питательных веществ, так как, во-первых, если в цифры, характеризующие собой содержание азота, фосфора и калия по периодам роста, внести соответствующую поправку на уменьшение веса сухого вещества, то все же и после этого останется значительный недобор N, P₂O₅, и K₂O надземной массой конопли; во-вторых, значительный отток питательных веществ наблюдался и тогда, когда вес надземной массы рос.

Вполне очевидно, что сделанный нами вывод об оттоке в почву питательных веществ на основании данных вегетационного опыта не нуждается ни в каких подобных поправках и оговорках, так как в этом случае абсолютно весь урожай конопли собирался и анализировался.

Из данных табл. 3 и 4 (стр. 224—225) видно, что у яровых пшениц, выращиваемых в условиях вегетационного опыта не наблюдается оттока из надземной массы азота и фосфора. Лишь калий в этом случае составляет исключение, переходя в довольно больших количествах (50 — 100%) из надземной массы в почву. Другая картина в распределении питательных веществ по периодам роста у яровых пшениц наблюдалась при проведении опыта в полевой обстановке. В этом случае отток в почву азота, фосфора и калия достиг исключительно больших размеров. Так, если содержание питательных веществ в надземной массе в период наибольшего их накопления (цветение) принять за 100, то в период полной спелости пшениц получают следующие цифры:

для азота — 30 — 25 — 20%, для фосфорной кислоты — 50 — 35 — 20 и для калия — 40 — 33 — 25%. Наблюдаемый в условиях полевого опыта у яровых пшениц отток азота и фосфорной кислоты, несомненно был обусловлен вымывающим действием осадков, так как в условиях вегетационного опыта подобного оттока не наблюдалось. Что же касается калия, то этот элемент передвигается из стебля в почву не только в силу вымывающего действия дождя, но также и в силу чисто физиологической роли калия внутри растения (участие в транспорте органических соединений и пр.).

Так как в приведенных опытах с коноплей и пшеницей не было произведено анализов на содержание питательных веществ в корневой системе (по причине крайней трудности и даже невозможности полного отделения корней от почвы), то, разумеется, у нас нет оснований утверждать, что обнаруженный в этих опытах отток питательных веществ целиком перешел из надземной массы растения в почву, не задержавшись в той или иной степени в корнях. Вполне допустимо, что часть уходящих из стебля питательных веществ могла осесть в корнях. Но не подлежит ни малейшему сомнению, что значительная часть этого оттока безусловно перешла в почву, не будучи задержана корнями растений. Этот наш вывод подтверждается и тем, что содержание питательных веществ в корнях растений, как правило, не увеличивается к моменту созревания, а уменьшается. Это доказано многочисленными исследованиями над содержанием по периодам роста питательных веществ в корнях растений.

Переход питательных веществ из стебля в почву может быть вызван двумя причинами: вымыванием их дождями и оттоком их, как следствием нормальной физиологической деятельности растения. Первая причина обуславливает собой отток питательных веществ только при проведении опыта в полевых условиях, вторая же причина вызывает отток P_2O_5 и K_2O при выращивании растений как в полевых, так и в вегетационных условиях.

В последнем случае отток питательных веществ из стебля в почву целиком может быть рассматриваем как физиологическое выделение их корнями растений.

Рассмотренные выше результаты работ Шатиловской опытной станции дают некоторое основание разбить все культурные растения по их корневым выделениям на две группы: на растения, у которых корневые выделения являются следствием нормальной их физиологической деятельности, и на растения, у которых корневые выделения появляются только в результате обработки их водой. К первой группе растений относится конопля, ко второй — пшеница. К сказанному следует добавить, что калий, повидимому, является таким элементом, корневые выделения которого и у пшениц являются следствием их нормальной физиологической деятельности.

Поглощение питательных веществ яровыми пшеницами

Сроки взятия проб	Без удобрения							
	<i>Caesium 0111</i>				<i>Hordeiforme 010</i>			
	Вес сух. вещ.	Вынос пит. вещ. в г			Вес сух. вещ.	Вынос пит. вещ. в г		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Кушение	0.50	0.018	0.004	0.021	0.40	0.015	0.003	0.017
Выход в трубку .	1.36	0.029	0.004	0.022	1.75	0.034	0.013	0.038
Колошение	2.88	0.040	0.019	0.048	3.38	0.046	0.023	0.050
Цветение	4.25	0.048	0.028	0.054	4.53	0.053	0.026	0.030
Молочная спе- лость	5.50	0.076	0.036	0.047	5.63	0.072	0.029	0.040
Восковая спелость	6.44	0.079	0.040	0.032	9.74	0.130	0.040	0.051
Полная спелость .	5.67	0.078	0.014	0.023	8.16	0.100	0.053	0.040

Поглощение питательных веществ яровыми пшеницами

Сроки взятия проб	Без удобрения							
	<i>Caesium 0111</i>				<i>Hordeiforme 010</i>			
	Вес сух. вещ. в кг	Вынос пит. веществ в кг			Вес сух. вещ. в кг	Вынос пит. вещ. в кг		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Кушение	102.4	4.178	0.734	2.932	104.6	8.784	0.950	3.211
Выход в трубку .	279.0	9.570	2.648	4.824	209.2	25.962	1.416	3.071
Колошение	1393.7	20.930	7.498	11.414	880.6	30.689	3.699	6.763
Цветение	1986.0	21.449	7.428	6.872	644.6	15.634	2.662	3.578
Молочная пе- лость	1915.3	15.090	5.525	5.978	863.2	13.913	3.052	3.107
Восковая спелость	2240.6	9.203	3.000	4.268	1202.6	9.656	2.619	2.317
Полная спелость .	1961.6	6.450	1.803	4.463	1389.7	7.614	2.585	2.203

Таблица 3

разные фазы развития (вегетационный опыт)

По полному минеральному удобрению							
<i>Caesium</i> 0111				<i>Hordetforme</i> 010			
Вес сух. вещ.	Вынос пит. вещ. в г			Вес сух. вещ.	Вынос пит. вещ. в г.		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1.32	0.074	0.016	0.067	0.80	0.046	0.086	0.035
7.00	0.341	0.082	0.335	10.7	0.466	0.126	0.408
26.2	0.498	0.142	0.525	28.5	0.532	0.187	0.419
31.7	0.496	0.174	0.472	34.8	0.538	0.182	0.515
36.5	0.489	0.191	0.429	39.2	0.487	0.193	0.334
41.5	0.499	0.217	0.270	46.2	0.484	0.226	0.350
41.2	0.539	0.232	0.224	46.7	0.555	0.241	0.288

Таблица 4

разные фазы развития (полевой опыт)

По полному минеральному удобрению							
<i>Caesium</i> 0111				<i>Hordetforme</i> 010			
Вес сухого вещ. в кг	Вынос пит. вещ. в кг.			Вес сухого вещ. в кг	Вынос пит. вещ. в кг.		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
196.1	8.981	2.059	5.889	183.0	8.784	1.986	5.689
692.8	25.080	5.965	15.055	654.6	25.962	5.243	16.391
2052.2	27.089	8.124	20.625	2379.0	30.689	9.754	
3937.2	41.341	15.318	13.977	1341.4	15.694	4.723	26.098
							7.961
5009.1	32.188	11.043	18.642	1904.9	13.913	4.843	8.506
5202.6	14.682	5.948	9.901	2467.3	9.656	4.345	6.425
3267.9	8.345	2.613	7.357	2787.5	7.614	2.323	5.334

Из сказанного также явствует, что вывод Pfeiffer'a и Andre приложим только ко второй группе растений.

Сделанный нами вывод о „классификации“ растений по выделению их корнями минеральных веществ несомненно должен быть проверен более тщательным образом и на большем числе объектов. Особенно это относится к первой группе растений, так как имеющийся в литературе материал мало дает указаний для обоснования этой группы. Отсутствие же минеральных корневых выделений (точнее говоря, непрерывное накопление питательных веществ вплоть до уборки урожая) доказано для очень многих растений: картофель — по исследованиям Wimmer'a и Pfeiffer'a, кочанная капуста (магдебургская) по исследованиям Remy (39), брауншвейгская капуста — по исследованиям Kotowsko'го (40), морковь, брюква, репа, сельдерей, пастернак по Becker'y (41), свекла (по Котовскому), салат и шпинат по работам Remy (42) и Liesegang'a (43) и др. По André и Pfeiffer'y, как уже отмечалось выше, к этой группе относятся вообще все растения, которые не подвергаются вымывающему действию осадков. У корнеклубнеплодов и всех овощных (как вообще согласно Шнейдевинду у всех растений, убираемых в сыром состоянии) непрерывное накопление питательных веществ наблюдается также и в том случае, когда растения эти подвергаются вымывающему действию осадков.

Чтобы путем прямого эксперимента (а не по ходу накопления питательных веществ по разным периодам роста) установить наличие выделений корнями минеральных веществ в отсутствие вымывающего действия осадков, нами были проведены в 1933 и 1934 гг. вегетационные опыты в изолированных культурах. В виду того, что у нас не было возможности проследить за корневыми выделениями всех основных питательных веществ, мы ограничились изучением выделения корнями только фосфорной кислоты. Фосфорную кислоту мы избрали потому, что этот элемент, согласно результатам работ всех предыдущих исследователей, является наиболее стойким по отношению к вымывающему действию осадков, и почти во всех, хотя бы отчасти методически выдержанных опытах (Литвинов, Пфейфер, Андре и др.) не выделялся корнями даже при наличии обработки растений водой.

Применение метода изолированных культур для изучения корневых выделений дает возможность искать выделение того или иного элемента (в данном случае Р в P_2O_5) в том сосуде, в который этот элемент не вносился и не мог попасть иначе, как только проникнув в него из стебля через прядь корней, опущенную в этот сосуд. Следовательно в этом случае изолированный элемент прежде чем выделиться корнями второй пряди (не питающейся им) должен поступить в растение через первую, питающуюся им, прядь корней и затем в порядке оттока из надземных органов попасть в обе пряди корней, в том числе и в ту прядь, которая не питалась этим элементом. При-

менение метода изолированных культур для количественного изучения корневых выделений, насколько нам известно, до сих пор никем не было использовано, хотя целесообразность и убедительность этого приема вполне очевидны. Чтобы избежать вымывающего действия на корни растения воды, опыт проводится в песчаных культурах, а не водных. Песка вносилось: во внешний сосуд 4.1 кг и во внутренний сосуд — 4.5 кг. Влажность поддерживалась на уровне 60% от полной влагоемкости песка. Удобрения вносились из расчета нормальной смеси Гельригеля. Во внутренние сосуды давалась смесь без KN_2PO_4 , в наружные — только KN_2PO_4 . Если бы мы дали в наружные сосуды (как это часто делается) полную смесь Гельригеля, то прядь корней, находящаяся во внутреннем сосуде, не имела бы стимула для развития, так как все питательные вещества растение получило бы через прядь, опущенную в наружный сосуд. В нашем же случае растение принуждено было развивать корневую систему в обоих сосудах, так как необходимые для него питательные вещества были распределены между внутренним и наружным сосудами. Семена растений выращивались на водопроводной воде и пересаживались в изолированные сосуды на пробку, после того как корневая система достигала 4—6 см и ее можно было разделить на две пряди. В качестве объектов для изолированных посевов взяты были: овес, гречиха, горчица, люпин синий и горох.

Схемой опыта предусмотрена возможность перехода фосфорной кислоты из наружного сосуда во внутренний. Но так как опыт проводился не в стерильных условиях, то фосфорная кислота, даже в случае выделения ее прядью корней внутреннего сосуда, могла быть не обнаружена анализом, так как ее могли потребить бактерии. Мы применили для учета выделившейся фосфорной кислоты метод, могущий конкурировать с потребляющими ее бактериями, — мы посеяли во все внутренние сосуды овес. Корневая система овса, имея в своём распоряжении во внутренних сосудах все элементы кроме P_2O_5 (калий дан был в виде KCl) и находясь в тесном соприкосновении с прядью корневой системы, долженствующей выделять P_2O_5 , несомненно, немедленно же воспользуется выделившейся фосфорной кислотой и поглотит ее. Во все внутренние сосуды овес высевался через 7—10 дней после того как была произведена посадка всех перечисленных растений по принципу изолированного питания. Посев изолированно питающихся культур был произведен 2—4 июня, а посев овса, находящегося во внутренних сосудах, — 9—10 июня. В случае изолированных культур на сосуд высаживалось: овса 12 растений, гречихи 18 растений, люпина 6 растений, гороха 6 растений и горчицы 12 растений (гречиха и горчица высаживались два раза в течение вегетационного периода). Во все внутренние сосуды было высажено по 6 растений овса.

По состоянию овса, находящегося во внутренних сосудах, можно было судить о наличии или отсутствии выделения P_2O_5 корнями перечисленных растений. Раньше других положительная реакция на выделение корнями P_2O_5 появилась в сосудах с горчицей, несколько позже — в сосудах с гречихой, затем с люпином и горохом. В сосудах, в которые был высажен по принципу изолированного питания овес, корневых выделений во все время опыта не наблюдалось. Заметное выделение корнями P_2O_5 началось после цветения растений. Понятно поэтому, почему реакция эта раньше всего появилась на горчице и гречихе, и позже — на горохе и люпине. Урожай был убран в период времени между 1 и 4 сентября. Результаты урожайных данных приводятся в табл. 5 и также иллюстрируются приведенными фиг. 1 и 2.

Из приведенных данных видно, что овес внутренних сосудов, питающийся фосфорной кислотой, выделенной корнями разных растений, достиг наибольшей высоты урожая в случае соприкосновения его корневой системы с прядью корней горчицы и гречихи. Комбинация овса с люпином заняла третье место, а с горохом — четвертое. Комбинация овса с овсом по существу не дала никакого эффекта. Ком-



Фиг. 1. Урожай овса во внутренних сосудах

Источники фосфорной кислоты

1	2	3	4	5	6	7
Выделение корней овса, питающегося KH_2PO_4	Выделение корней гречихи	Выделение корней люпина	Выделение корней гороха	Выделение корней горчицы	KH_2PO_4	Выделение корней овса, выращен. на смеси P_2O_5



Фиг. 2. Смешанные посевы (растения во внутренних и наружных сосудах)

		19	18	7	6	12	1	4
Внесено	в наруж- ных сосу- дах	Без P_2O_5	KH_2PO_4	KH_2PO_4	KH_2PO_4	KH_2PO_4	KH_2PO_4	KH_2PO_4
	во внут- ренних сосу- дах	KH_2PO_4	без P_2O_5	без P_2O_5	без P_2O_5	без P_2O_5	без P_2O_5	без P_2O_5
растения		овес	овес	люпин	горчица	горох	овес	гречиха
		овес	овес	овес	овес	овес	овес	овес

бинация овса с гречихой и горчицей заняла первое место, возможно, не потому, что в этом случае выделилось корнями горчицы и гречихи фосфорной кислоты больше, чем, скажем, в комбинации овса с люпином, а потому, что выделение фосфорной кислоты в первой комбинации началось значительно раньше, чем во второй комбинации. Вследствие этого фосфорная кислота, выделенная корнями гречихи и горчицы, могла быть целиком использована овсом, а фосфорная кислота, выделенная люпином, в значительной своей части могла быть неиспользована овсом в силу того, что к моменту наибольшего ее выделения овес в своем развитии уже вышел из той стадии, в которой он мог поглощать P_2O_5 . Произведенный нами после снятия урожая анализ песка во внутреннем сосуде на содержание в нем воднорастворимой фосфорной кислоты подтвердил эти соображения.

Урожай сухих

№ сосу- дов	Элементы смеси находящейся:		Название растений изолиров. питающих	Вес растений, изолированно питающихся	
	во внутренних сосудах	в наружных сосудах		общий	
				для каждого сосуда	среднее
1	Смесь без KH ₂ PO ₄	KH ₂ PO ₄	Овес	17.25	18.48
2				17.35	
3				20.85	
4	Смесь без KH ₂ PO ₄	KH ₂ PO ₄	Гречиха	5.00	6.03
5				6.70	
6				6.40	
7	Смесь без KH ₂ PO ₄	KH ₂ PO ₄	Люпин	11.85	13.33
8				13.30	
9				14.85	
10	Смесь без KH ₂ PO ₄	KH ₂ PO ₄	Горох	20.45	19.81
11				19.82	
12				19.15	
13	Смесь без KH ₂ PO ₄	KH ₂ PO ₄	Горчица	8.85	9.49
14				10.65	
15				8.97	
16	Полная смесь с P ₂ O ₅	Полная смесь с P ₂ O ₅	Овес	32.67	32.05
17				32.54	
18				30.95	
19	Смесь без KH ₂ PO ₄	Смесь без KH ₂ PO ₄	Овес	4.42	4.54
20				4.55	
21				4.65	

Таблица 5

вещества в г

зерно		Вес овса, находящегося во внутренних сосудах			
		общий		зерно	
для каждого сосуда	среднее	для каждого сосуда	среднее	для каждого сосуда	среднее
7.60 } 7.90 } 9.50 }	8.33	2.55 } 2.50 } 2.72 }	2.59	0.90 } 0.85 } 0.87 }	0.87
2.60 } 2.80 } 3.25 }	2.83	11.70 } 8.77 } 9.07 }	9.65	4.40 } 3.60 } 3.47 }	3.69
1.50 } 1.30 } 1.55 }	1.45	6.35 } 6.29 } 4.67 }	6.32	2.60 } 2.72 } 2.00 }	2.66
5.25 } 4.50 } 4.00 }	4.58	3.47 } 3.09 } 3.60 }	3.39	1.27 } 1.15 } 1.20 }	1.21
2.60 } 3.95 } 2.85 }	3.13	9.19 } 6.50 } 8.75 }	8.96	3.74 } 2.65 } 4.10 }	3.92
16.02 } 15.27 } 15.00 }	15.43	7.37 } 8.37 } 7.40 }	7.73	2.90 } 3.67 } 3.15 }	3.24
1.72 } 2.20 } 2.00 }	1.97	2.05 } 2.07 } 2.80 }	2.31	0.65 } 0.67 } 0.85 }	0.72

Чтобы иметь представление об общем количестве выделенной корнями разных растений фосфорной кислоты, необходимо было также проанализировать на содержание P_2O_5 урожай овса внутренних сосудов. Результаты обоих анализов приводятся в табл. 6.

Обнаруженное в сосудах после снятия урожая овса количество воднорастворимой P_2O_5 в подавляющей своей части несомненно представляло продукт корневых выделений. Не исключена возможность, что некоторая незначительная часть фосфорной кислоты, найденная в сосудах после снятия урожая, представляет собой мнимую величину, появившуюся лишь в момент приготовления водной вытяжки, благодаря обработке водой находящихся в сосуде корней растений (которые перед приготовлением водной вытяжки не отделялись от песка и шли в анализ в подсушенном состоянии). На первом месте, как и следовало ожидать, по количеству выделенной корнями и неисполь-

Количество выделенной корнями разных

№ сосу- дов	На какой смеси выращивался овес во внутр. сосудах	Урожай сух. вещ. овса в г		Проц. P_2O_5	
		зерно	солома	в зерне	в соломе
1	Смесь без KH_2PO_4	6.90	1.65	0.407	0.0456
2		0.85	1.65	0.432	0.0496
3		0.87	1.85	0.426	0.0594
4	Смесь без KH_2PO_4	4.40	7.30	0.438	0.0570
5		3.60	5.17	0.474	0.0607
6		3.47	5.30	0.485	0.0600
7	Смесь без KH_2PO_4	2.50	3.75	0.408	0.0414
8*		2.72	3.57	0.480	0.0384
9		2.0	2.67	0.560	0.0360
10	Смесь без KH_2PO_4	1.27	2.20	0.504	0.0840
11		1.15	1.94	0.684	0.0362
12		1.20	2.40	0.672	0.0702
13	Смесь без KH_2PO_4	3.74	5.45	0.666	0.0972
14		2.65	3.85	0.600	0.0726
15		4.10	4.65	0.606	0.0672
16	Полная смесь $KH_2P_2O_5$	2.90	4.47	0.741	0.464
17		3.67	4.70	0.726	0.470
18		3.15	4.25	0.756	0.375
19	Смесь без KH_2PO_4	0.65	1.40	0.533	0.0784
20		0.67	1.40	0.540	0.0576
21		0.85	1.95	0.474	0.0546

зованной овсом фосфорной кислоты стоят сосуды с люпином; значительно меньше таких выделений обнаружено в сосудах с горчицей и горохом. В сосудах же с гречихой таких выделений вовсе не найдено. Последнее повидимому объясняется тем, что вся выделенная гречихой фосфорная кислота была потреблена овсом.

Из сопоставления общего количества P_2O_5 , выделенной корнями растений, с количеством P_2O_5 , поглощенной надземной массой тех же растений (табл. 7), видно, что у горчицы, гречихи и люпина корневые выделения фосфорной кислоты составляют примерно 25—30% от общего ее количества, содержащегося в зернах и соломе, у гороха — около 8%, у овса по существу корневых выделений P_2O_5 не было, так как обнаруженное анализом небольшое ее количество было одинаковым как в комбинации сосудов, удобрявшихся фосфорной кислотой (4.57 мг), так и в комбинации сосудов, не удобрявшихся ею

Таблица 6

растений фосфорной кислоты в мг

Общее содержание P_2O_5 в мг в надземн. массе овса		Колич. водно-раствор. P_2O_5 , обнаруж. после снятия урожая		Общее количество P_2O_5 выд. корнями растений	Название растений
4.41 4.48 4.81	4.57	Заметн. следы	Заметн. следы	4.57	Овес
23.43 20.20 20.00	21.21	То же	То же	21.21	Гречиха
12.16 14.43 12.16	12.92	15.0 15.0 18.0	16.00	28.92	Люпин
8.25 8.57 9.75	8.86	2.8 2.8 3.3	2.97	11.83	Горох
30.21 18.50 27.97	29.09	2.8 2.9 3.6	3.10	32.19	Горчица
38.23 46.93 39.07	41.41	15.0 14.0 17.5	15.50	—	Овес
5.02 4.42 5.10	4.84	Заметн. следы	Заметн. следы	4.84	Овес

Таблица 7

Количество поглощенной P_2O_5 разными растениями, изолированно сю питающимися
(среднее из трех параллельных)

№№ сосудов	Названия культур	На какой смеси выращивались культуры		Урожай сухого вещества в г		Процент P_2O_5		Общее содер. P_2O_5 в надзем. массе в мг	Общее кол. P_2O_5 выдел. корнями	
		во внутр. сосудах	во внешн. сосудах	зерно	солома	зерно	солома		в мг	в проц. к поглощ. P_2O_5 надземной массой
1	Овес	Смесь без KH_2PO_4	KH_2PO_4	8.33	9.95	1.061	0.496	137.73	4.57	—
2										
3										
4	Гречиха	Смесь без KH_2PO_4	KH_2PO_4	2.88	3.15	1.083	1.099	65.81	21.21	24.8
5										
6										
7	Люпин	Смесь без KH_2PO_4	KH_2PO_4	1.45	11.88	1.232	0.666	97.70	23.92	24.6
8										
9										
10	Горох	Смесь без KH_2PO_4	KH_2PO_4	4.58	15.22	1.059	0.231	83.66	11.83	8.4
11										
12										
13	Горчица	Смесь без KH_2PO_4	KH_2PO_4	3.13	6.36	2.096	0.453	94.31	32.19	30.0
14										
15										
16	Овес	Полная смесь P_2O_5	Полная смесь P_2O_5	15.43	16.62	1.708	0.399	329.86	—	—
17										
18										
19	Овес	Смесь без KH_2PO_4	Смесь без KH_2PO_4	1.97	2.57	0.641	0.261	19.33	4.84	—
20										
21										

(4.84 мг). Такие небольшие количества P_2O_5 могли содержаться в семенах овса, а также отчасти и в песке. Сравнительно заметное количество P_2O_5 (19.33 мг) было найдено анализом в овсе, не получившем фосфорной кислоты, но выращиваемом по принципу изолированного питания. Объясняется это тем, что в этом случае проростки

овса сравнительно долго находились на водопроводной воде, содержащей, как известно, небольшое количество P_2O_5 . Надо иметь в виду, что в этом случае и число растений на сосуд было в два раза больше.

Выше отмечалось, что отток питательных веществ из надземных органов в корни и далее в почву начинается после цветения и продолжается вплоть до созревания и уборки урожая. Описанный нами опыт изолированных культур прямым путем доказал это положение. С другой стороны, наблюдения за нашим опытом также показали, что овес, находящийся в комбинации с горохом или люпином, начинает давать некоторый эффект на P_2O_5 значительно раньше периода цветения гороха или люпина. Явление это могло зависеть от нескольких причин. Во-первых, не исключена возможность, что в силу разной реакции клеточного сока у корней бобовых и злаков, фосфорная кислота корней гороха и люпина могла адсорбироваться корневой системой овса, благодаря тесному соприкосновению между ними. Во-вторых, можно полагать, что некоторое положительное влияние на рост овса оказала также и вызываемая бобовыми микрофлора и микрофауна. И, наконец, в-третьих, явление это могло вызываться тем, что бобовым, равно как и злакам, свойственно в течение суток не только поглощать питательные вещества, но и выделять их, причем время этих суточных выделений у бобовых и у злаков, повидимому, не совпадает. При таком положении фосфорная кислота, выделенная корнями гороха или люпина, могла перехватиться корнями овса. Это объяснение нам казалось наиболее серьезным и наиболее вероятным, поэтому мы решили экспериментально его проверить. Для этой цели мы брали 30—25-дневные растения, находящиеся до этого на полной питательной смеси Гельриггеля, и после отмывки корней дистиллированной водой ставили их на смесь Гельриггеля без P_2O_5 , находящуюся в эрленмейеровских колбачках, емкостью от 150 до 250 см³ (вся доза калия в этом случае бралась в виде KCl). Через каждые три часа раствор менялся.

Результаты приводятся в табл. 8.

Таблица 8

Суточный ход выделения корнями растений P_2O_5 в мг

Название растения	Время взятия проб на анализ P_2O_5								
	7 час. веч. 9/VIII	10 час. веч.	1 час ночи 10/VIII	4 час. утра	7 час. утра	10 час. утра	1 час дня	4 час. дня	7 час. веч. 10/VIII
Овес	0.1936	0.0512	0.0285	нет	нет	0.1679	нет	нет	следы
Горох	0.1663	0.0612	0.0395	0.2808	0.092	0.0176	0.0371	0.0954	0.0221
Гречиха	0.2773	0.0882	0.0648	0.0396	нет	0.1000	нет	нет	0.0168
Рапс яровой	0.2962	0.1029	0.0355	0.0314	0.0192	нет	нет	нет	нет

Из рассмотрения приведенных данных видно, что у всех рассмотренных растений (как, повидимому, вообще у всех растений) наблюдается известная периодичность в суточном ходе поглощения или выделения питательных веществ, в данном случае P_2O_5 . У овса поглощение P_2O_5 сменяется на выделение ее в промежуток времени между 7 и 10 часами утра. В 1 час дня (в последующие часы вплоть до 7 часов вечера) выделений P_2O_5 у овса уже нет, а идет поглощение. В 7 часов вечера появились следы P_2O_5 . Это дает некоторый намек на возможность наличия у овса второго суточного периода по выделению корням P_2O_5 (сравнительно большое количество P_2O_5 , обнаруженное в корневых выделениях в 7 часов вечера 9/VIII, первая проба — не может служить вполне достоверным доказательством наличия второго, вечернего периода корневых выделений, так как найденная в это время фосфорная кислота, несомненно, в значительной степени явилась следствием недостаточной отмывки корней; сказанное относится ко всем культурам). У гороха поглощение P_2O_5 сменяется на выделение ее около 4 часов утра. Судя по дальнейшему ходу корневых выделений, у гороха, повидимому, имеется второй период выделения P_2O_5 , совпадающий с 4 часами дня. У гречихи также наметилось два периода выделения корнями P_2O_5 : между 7 и 10 часами утра (первый период) и между 7 и 10 часами вечера (второй период). Для рапса нельзя делать никаких определенных выводов. Весьма вероятно, что зависело это от того, что рапс был взят в очень молодом возрасте и у него в это время имело место только поглощение P_2O_5 , а не выделение. Таким образом, сделанное нами предположение о наличии у овса и гороха суточных выделений P_2O_5 , протекающих в разное время, — вполне оправдалось. Следует также подчеркнуть, что интенсивность суточного выделения корнями P_2O_5 у гороха значительно большая, чем у овса. Все это говорит о возможности перехватывания овсом фосфорной кислоты, выделенной корнями гороха (и вообще бобовых).

Суточный ход выделения корнями P_2O_5 , повидимому, находится в связи с ходом оттока у растений продуктов ассимиляции.

У молодых растений отмеченный суточный цикл характеризуется преобладанием поглощения над выделением; у старых растений (правда, не у всех) — преобладанием выделения над поглощением. Вследствие этого по общему балансу поглощения и выделения P_2O_5 , а также и других питательных веществ, все растения, находящиеся в нормальных условиях развития, характеризуются непрерывным ростом накопления питательных веществ с момента посева и до наступления стадии цветения. Начиная же со стадии цветения у многих растений (бобовые, масличные и др.), начинается отток питательных веществ из стебля в корень, а из корня в почву (при наличии вымывающего действия осадков процесс этот свойственен абсолютно всем растениям).

Кроме опыта изолированных песчаных культур, в котором выделенная корнями разных растений фосфорная кислота улавливалась овсом, был проведен также опыт в изолированных водных культурах, в котором выделенная корнями P_2O_5 поступала в раствор, откуда время от времени и брались пробы для определения ее. Для опыта были взяты: в качестве внутренних сосудов литровые эрленмейеровские колбы, а в качестве внешних сосудов — обычные стеклянные вегетационные сосуды, емкостью по 3 л воды. Во внешние сосуды давался раствор KH_2PO_4 , $MgSO_4$ и стимулянты, во внутренние сосуды — $Ca(NO_3)_2$, KCl и стимулянты. Железо периодически вносилось и во внутренние и во внешние сосуды. Для опыта были взяты достигшие 4—5-недельного возраста растения, находившиеся до сего на полной питательной смеси Гельриггеля. На сосуд бралось по 3 растения. Перед закладкой опыта растения в течение 7 дней находились на смеси без P_2O_5 . За это время вся фосфорная кислота, которая могла быть вымыта из корней водой, успевала перейти в раствор. Опыт поставлен 14/VIII 1934 г.

Результаты опыта приводятся в табл. 9.

Приведенные в табл. 9 данные показывают, что наибольшее количество P_2O_5 выделили корни гречихи, 39 мг, или 27% от количества фосфорной кислоты, содержащейся в надземной массе. За гречихой следует рапс, корни которого выделили 15.8 мг P_2O_5 или 28% от содержания ее в надземной массе. Корни овса и кукурузы по существу не дали заметных выделений P_2O_5 . Небольшие количества P_2O_5 , найденные в их выделениях, могут быть объяснены скорее суточным циклом, чем сезонным (связанным с изменением фаз развития растения в течение вегетационного периода). Несколько неожиданные результаты получились для пшеницы, в корневых выделениях которой найдены сравнительно заметные количества P_2O_5 (4—6 мг). Согласно всем литературным источникам, корни пшеницы, не подвергшиеся вымывающему действию воды, не выделяют P_2O_5 . Обнаруженное нами отступление от этого правила могло зависеть от трех причин: от сравнительно большого размаха суточных выделений P_2O_5 и от неспособности корневой системы пшеницы быстро вновь поглотить выделенную в течение суток фосфорную кислоту; от не совсем нормального развития пшеницы, вследствие поражения ее шведской мушкой и задержки в развитии стеблей (эту причину мы считаем наиболее серьезной, так как известно, что растения при всяких угнетениях и болезненных явлениях обычно выделяют наружу питательные вещества); и, наконец, от слабой удерживающей способности корней пшеницы по отношению к фосфорной кислоте, благодаря чему могло проявиться вымывающее действие питательного раствора, не содержащего в себе P_2O_5 , в последнем случае P_2O_5 могла перейти в раствор и в силу чисто обменных реакций ее с другими ионами.

Количество выделенной корнями разн

Название растений	Дата взятия пробы							
	17/ III		24/VIII		31/VIII		11/IX	
	Фаза разв.	P ₂ O ₅ в мг	Фаза разв.	P ₂ O ₅ в мг	Фаза разв.	P ₂ O ₅ в мг	Фаза разв.	P ₂ O ₅ в мг
Гречиха	Начало цвет.	1.035	Цветение	2.65	Нач. образ. плодов	13.05	Образ. плодов	30.05
Овес	Нач. выхода в трубку	нет	Выход в трубку	0.45	Нач. вымывания	нет	Вымывание	0.5
Рапс яровой	Образ. бутонов	1.035	Нач. цветения	0.35	Нач. образ. плодов	10.75	Образ. плодов	13.05
Пшеница	После кущения	0.57	Нач. вых. в трубку	1.035	Нач. вымывания	5.175	Выколашивание	4.50
Кукуруза	—	1.035	—	нет	Нач. вых. в трубку	нет	Вымывание	нет

Результаты всех описанных нами опытов дают нам возможность распределить все культурные растения на две группы: представители первой группы характеризуются тем, что их корневая система в нормальных условиях жизнедеятельности растения (иначе говоря, в отсутствии вымывающего действия воды) не выделяет фосфорной кислоты, а также, повидимому, и других минеральных веществ. К этой группе относятся злаки, корнеплоды, клубнеплоды, овощные и др. Представители второй группы характеризуются тем, что их корневая система, даже в отсутствии вымывающего действия воды, выделяет P₂O₅ и другие элементы. Ко второй группе относятся бобовые, масличные, *Poligonaceae* и др. Отток питательных веществ из стебля в корень, а из корня в почву у растений второй группы является нормальной их физиологической функцией, тогда как у растений первой группы подобный отток появляется только в случае вымывающего действия осадков, а также, повидимому, во всех случаях болезненного, угнетенного состояния растения. Представители первой группы характеризуются накоплением углеводов и приблизительно нейтральной реакцией их сока. Представители второй группы характеризуются накоплением белков и жиров, а также кислой реакцией их сока.

Таблица 9

растений фосфорной кислоты

				Вес сухого вещества в г			Количество содержа- щейся P_2O_5 в мг		
26/IX		17/X		надзем- ной массы	корней		в над- земной массе	во внут- ренних корнях	в на- ружных корнях
Фаза разв.	P_2O_5 в мг	Фаза разв.	P_2O_5 в мг		внутр. сосуд	наружн. сосуд			
Плоды	33.75	Полная спелость	38.94	7.6	0.13	0.25	142.14	4.2	12.5
Начало цветения	0.75	Налив зерна	нет	14.5	1.75	1.0	191.11	11.2	11.8
Плоды	13.05	Плоды	15.82	7.0	0.25	0.35	54.8	6.6	8.98
Цветение	6.20	Налив зерна	3.45	23.5	2.10	1.05	138.7	9.2	11.6
Метелка	0.75	Цветение	нет	34.0	1.52	1.90	153.2	30.5	54.1

Выделение корнями растений минеральных веществ начинается после цветения.

Калий, принимающий большое участие в оттоке продуктов ассимиляции, выделяется наружу также и растениями первой группы (в нормальных условиях их жизнедеятельности).

Механизм оттока и выделения растением фосфорной кислоты (и, повидимому, других анионов) представляется нам, на основании положений Ж. Леба (44), в следующем виде: благодаря наличию у бобовых, масличных и других растений второй группы кислого клеточного сока, образующийся из азотистых продуктов ассимиляции белок имеет положительный заряд и поглощает анионы, в данном случае PO_4 . При распределении и передвижении белков в места их отложения (например, семена,) они (белки) попадают из элементов ксилемы, имеющих кислую реакцию, в элементы флоэмы, имеющие нейтральную или щелочную реакцию. Вследствии этого (а также, возможно, при участии ферментов) белки (вероятно и другие органические коллоиды) и аминокислоты или переходят в изоэлектрическое состояние или же отчасти меняют положительный заряд на отрицательный и присоединяют катионы. В первом случае, наиболее вероятном, растворимость их силь-

но понижается, они теряют воду и выделяют PO_4 . Во втором случае также неизбежно должна выделяться фосфорная кислота (вода в этом случае может и не выделяться).

Освобожденная белковыми веществами фосфорная кислота вместе с водой поступает в обратный ход (отток) веществ по ситовидным трубкам и выделяется наружу. Освобождение внутри растения связанной воды происходит не только при образовании белков из аминокислот и переходе их в изoeлектрическое состояние, но и при отложении внутри растения запасных жиров, углеводов, образования клетчатки и т. п. Во всех этих случаях вода может выделяться наружу и при наличии свободной, не связанной белком и протоплазмой фосфорной кислоты, увлекать последнюю за собой.

С нашей точки зрения поселение клубеньковых бактерий на корнях бобовых объясняется не какими-либо особыми ботаническими свойствами этого семейства, а исключительно наличием больших количеств корневых выделений, состоящих как из органических, так и минеральных веществ, среди которых фосфорной кислоте принадлежит довольно видное место. Относительное богатство того или иного бобового растения клубеньками зависит от богатства его корневых выделений. Установленное нами обилие выделенной корнями люпина фосфорной кислоты (наряду с другими, не анализировавшимися нами корневыми выделениями), совпадающее с богатством его клубеньками, служит подтверждением сказанному. Можно высказать такое предположение: если бы в силу тех или иных причин корневые выделения овса или горчицы по своему составу, количеству и распределению во времени приблизительно совпали с корневыми выделениями люпина, то в этом случае на корнях овса и горчицы поселились бы клубеньковые бактерии.

Вполне очевидно, что притекающая к корням бобовых фосфорная кислота при наличии на них клубеньковых бактерий перехватывается последними внутри корня и не выделяется наружу.

Не зная природы корневых выделений, исследователи с давних пор наощупь многократно пытались привить клубеньковые бактерии небобовым растениям.⁷ Но попытки эти не давали положительных результатов. Однако, в 1896 г. Штуцеру, Маулю и Бурри (52) удалось путем постепенного приучения выращивать *B. radicicola* на средах с экстрактом из проростков горчицы. Заражение горчицы клубеньковыми бактериями в вегетационных опытах, по данным упомянутых исследователей, не дало положительного эффекта, видимо потому, что клубеньковые бактерии не успели еще в достаточной степени приспособиться к симбиозу с горчицей. Несмотря на то, что в целом эта заманчивая проблема остается пока нерешенной (55), однако, симптоматично, что успех в этой области обнаружился именно в опытах с тем растением, на которое мы указывали, зная природу его корневых выделений,

Результаты нашей работы дают объяснение также исследованиям Грегф (53), показывающей, что наивысшая энергия азотоусвоения азотобактером и амилобактером находится в почве в зоне ризосферы бобовых, а также установленному Рейнау (54) факту, что дыхание почвы под бобовыми растениями в $1\frac{1}{2}$ —2 раза интенсивнее, чем под небобовыми. Наконец, не находил объяснения до сих пор и тот, казалось, противоречивый и странный факт, что распад органического вещества почвы и баланс питательных веществ в ней часто не соответствует количественно продуктам жизнедеятельности бактерий. Все эти факты находят удовлетворительное объяснение в наличии в почве минеральных и органических корневых выделений, которые и служат дополнительным источником пищи для бактерий.

При наличии у растений кислого сока выделению корнями фосфорной кислоты может быть дано и более элементарное объяснение: кислый сок в основном состоит из органических кислот. Опускаясь в нисходящем токе, этот кислый сок и растворяет (в той или иной степени) фосфорную кислоту, находящуюся в разных органо-минеральных соединениях. Несомненно, объяснение этого имеет под собой некоторые основания, но оно менее удовлетворительно объясняет весь механизм корневых выделений. Например это объяснение совершенно не разъясняет, почему выделение корнями фосфорной кислоты начинается только после цветения.

Некоторая роль в выделении растением P_2O_5 принадлежит также и чисто физическому процессу высыхания растения. При потере растением воды (как и в случае перехода белка в изoeлектрическое состояние), часть фосфорной кислоты перестает удерживаться тканями и при наличии нисходящего тока (особенно, если текут кислые вещества), выделяется наружу. Роль высыхания растения особенно велика в случае обработки растения водою осадков, так как в большинстве случаев после высыхания растений прекращается и нисходящий ток веществ.

Вполне очевидно, что высыхание растения в одинаковой мере относится к представителям всех семейств.

Иным закономерностям подчиняются передвижения минеральных веществ у представителей семейства *Gramineae*. У этих растений, благодаря нейтральной или слабокислой реакции их сока, белковые вещества (вероятно и другие органические коллоиды) находятся или в состоянии близком к изoeлектрическому или же приобретают отрицательный заряд и поглощают катионы. Вполне очевидно, что вследствие этого злаки не могут выделять в заметных количествах P_2O_5 . Они могут (во втором случае) выделять катионы, среди которых первое место займет, как наиболее подвижный, калий.

В процессе выделения корнями растений минеральных веществ, заметная роль, повидимому, принадлежит и изменениям углеводов

(образование клетчатки, отложения запасных веществ и т. п.). Интересные данные, касающиеся затронутого вопроса, приводятся в работе Т. Mason и Maskell'a (45). Авторы установили, что у хлопчатника при нисходящем токе ассимилятов вместе с азотистыми продуктами и углеводами движутся по ситовидным трубкам и минеральные вещества (азот, фосфор и калий). При этом ими показано, что содержание минеральных веществ в процентах в опускающихся продуктах ассимиляции значительно больше, чем в окружающих их продуктах, уже прекративших свое движение по ситовидным трубкам. Из этого авторы делают заключение, что избыток минеральных веществ вновь поступает в трахеи сосудистых пучков и вновь по восходящему току поднимается в зону листьев. Не отрицая возможности подобного вторичного движения минеральных веществ по сосудам вверх, нам кажется, что установленный авторами факт избытка их в движущихся вниз продуктах ассимиляции дает право сделать вывод в пользу другого пути освобождения от этого избытка, а именно о выделении его корнями растений наружу.

Если сделанное нами выше допущение о различном электрическом заряде у белков бобовых и у белков злаков верно, то отсюда следует, что фосфорная кислота, входящая в состав белка злаков, обладает большей подвижностью, большей растворимостью, а следовательно и доступностью для растения, чем фосфорная кислота бобовых. Это с достаточной ясностью было подтверждено нами путем лабораторных исследований и постановки вегетационных опытов, источником P_2O_5 для которых служила, с одной стороны, мука из семян люпина, а с другой, — мука из семян овса (46).

Это же подтверждается и тем, что белок бобовых содержит примерно в два раза меньше фосфорной кислоты, чем белок злаков: протеин семян люпина содержит около 3.7% P_2O_5 , а протеин семян овса — около 8.0% P_2O_5 .

Интересно отметить, что все растения, выделяющие через корневую систему P_2O_5 , обладают в то же время способностью растворять фосфорит.

Последнее, несомненно, обуславливается кислым характером корневых выделений у этих растений. В лаборатории академика Д. Н. Прянишникова (47) М. К. Домонтович с сотрудниками (48, 49, 50, 51) показал, что растения, неспособные усваивать фосфорную кислоту из фосфорита, будучи высеяны совместно с люпином, гречихой, горчицей и горохом, значительно увеличивают в этих условиях ее поглощение.

Путем очень интересных и очень изящно проведенных опытов в песчаных культурах, авторы показали, что увеличение поглощения овсом P_2O_5 в смешанных посевах не может быть объяснено растворяющим действием воды. Авторы объясняют это явление тем, что

выделяемые корнями люпина, горчицы и гороха кислые вещества обладают такой высокой растворяющей способностью по отношению к P_2O_5 фосфорита, что перешедшей в раствор фосфорной кислоты хватает не только для названных растений, но и для посеянного совместно с ними овса. Результаты описанных нами выше опытов с изолированным питанием названных растений фосфорной кислотой дают нам возможность сделать заключение, что значительная роль в этом процессе принадлежит фосфорной кислоте, выделенной корнями названных растений.

Выше уже отмечалось нами, что растения, неспособные к экзосмосу фосфорной кислоты в нормальных условиях произрастания, начинают выделять ее корнями в случае, когда опыт проводится в водных культурах и когда растения переносятся с полной питательной смеси на дистиллированную воду или на разбавленный раствор той же смеси, а также на смесь, не содержащую изучаемого элемента. Если подобный перенос растений производить часто, то количество выделенных (точнее вымытых) в таких условиях питательных веществ может достичь довольно заметных размеров и может быть использовано другим растением, лишенным данных питательных веществ.

Подобный опыт нами был проведен в 1934 г. в водных культурах. Для данного опыта были взяты те же растения, что и для вышеописанного опыта изолированных культур. Растения находились в течение двух дней на полной питательной смеси Гельриггеля и в течение двух последующих дней на смеси без P_2O_5 . Каждая пробка в этом опыте имела шесть отверстий и была разрезана на две части. В то время как одна половинка пробки с тремя растениями находилась на полной питательной смеси, другая половинка пробки с такими же тремя растениями находилась на смеси без P_2O_5 . Через каждые два дня половинки пробок менялись местами. Таким образом в сосудах, наполненных смесью, не содержащей фосфорной кислоты, непрерывно находились растения, корни которых были в достаточной степени ею насыщены, в силу чего последняя непрерывно переходила в раствор. Из раствора фосфорная кислота поглощалась корнями овса, бесценно находящегося на этой смеси.

В каждый сосуд с такой смесью помещалось по три растения овса, вделанных в половинку пробки, отвечающую по своим размерам половинкам пробок тех растений, которые периодически переносились сюда с полной смеси Гельриггеля.

Корни растений, находящихся на полной питательной смеси, перед переносом их на смесь, не содержащую P_2O_5 предварительно омывались дистиллированной водой. Растения, служащие для переноса фосфорной кислоты, были высажены на полную питательную смесь 13/VI 1934 г. Перенос этих растений с полной питательной смеси на

смесь без P_2O_5 был начат 18/VIII 1934 г. Овес, служащий для поглощения фосфорной кислоты, вымытой из корней этих растений, был высажен 7-дневными проростками 20/VII. Опыт убран 2 сентября. Результаты приводятся в табл. 10.

Из приведенных в табл. 10 данных видно, что корневая система овса, находясь в условиях вымывающего действия воды (в данном случае, кроме вымывающего действия воды значительную роль играл и обмен ионов), выделяет почти столько же фосфорной кислоты, сколько и корневая система люпина. Если бы мы классифицировали растения по их корневым выделениям, полученным вышеописанным образом, т. е. в условиях обработки корней водой (а так именно до сих пор подходило большинство исследователей к выделению корнями минеральных веществ), то мы принуждены были бы отнести к одной группе и овес, и люпин, и гречиху. Результаты наших опытов, проведенных в изолированных культурах, показывают, насколько ошибочен и неоснователен подобный подход к корневым выделениям.

Интересно также отметить, что количество выделенной корнями овса фосфорной кислоты в значительной мере зависело от того, когда овес переносился с полной питательной смеси на смесь без P_2O_5 — вечером или утром. В первом случае корни овса выделяли в два раза больше фосфорной кислоты, чем во втором (в этих двух комбинациях смена растений производилась через каждые 24 часа). Это лишний раз подтверждает наш вывод, что растениям свойственен суточный цикл выделения P_2O_5 (утром и вечером). Когда растения переносились с полной питательной смеси на смесь без P_2O_5 в 8—8½ часов вечера, то в этом случае вместе с растением переносилась туда и та фосфорная кислота, которая должна была выделиться им, в порядке физиологической функции, примерно в 9—10 часов вечера. Когда же растения переносились (с полной смеси на смесь без P_2O_5) в 9—10 часов утра, то к этому времени они успевали в значительной степени освободиться как от вечерних суточных выделений P_2O_5 , так отчасти и от утренних, и понятно поэтому, что во втором случае растения значительно меньше обогащали раствор фосфорной кислотой, чем в первом случае.

Выводы

1. По отношению к выделению корнями минеральных веществ все растения можно разделить на две группы:

Первую группу составляют растения, корни которых в нормальных условиях произрастания (т. е. в отсутствии вымывающего действия воды) не выделяют фосфорной кислоты, а также и некоторых других минеральных веществ.

К этой группе относятся злаки, корнеплоды, клубнеплоды, овощные культуры и др.

Таблица 10

Количество P_2O_5 , выделенной разными растениями в условиях вымывающего действия воды

Источники фосфорной кислоты для овса	Урожай овса			Процент P_2O_5 в овсе	Урожай растений, корневые выделения которых служили источником P_2O_5 для овса			Количество P_2O_5 в мг		Количество, выдел. раст. P_2O_5 в % к общему ее содержанию в урожае
	в г	среднее	в проц.		Назв. растений	Вес сухого вещества		в овсе	в культурах, овец питающих	
						в г	средн.			
P_2O_5 , выделенная корнями овса	3.00			0.300		19.40				
	3.10	3.10	248.9	0.275	овес	18.75	19.09	8.70	162.9	5.34
	3.20			0.268		19.10				
P_2O_5 , выделенная корнями гречихи	2.40			0.295		3.60				
	2.20	2.37	183.6	0.276	гречиха	3.50	3.51	7.38	35.09	21.03
	2.50			0.295		4.35				
P_2O_5 , выделенная корнями горчицы	2.20			0.236		4.70				
	2.30	2.30	189.0	0.352	горчица	4.50	4.43	6.66	38.68	17.22
	2.40			0.279		4.10				
P_2O_5 , выделенная корнями люпина	3.10			0.249		10.60				
	3.30	3.23	258.4	0.273	люпин	11.10	10.60	8.47	88.47	9.57
	3.30			0.263		10.10				
P_2O_5 , выделенная корнями гороха	2.50			0.429		11.50				
	2.30	2.43	194.4	0.423	горох	9.35	10.03	9.83	79.51	12.36
	2.50			0.356		9.25				
KH_2PO_4	6.85			2.599						
	5.50	6.17	493.6	2.186	—	—	—	148.73	—	—
	6.17			2.400						
Без P_2O_5	1.30			3.232						
	1.15	1.25	100	0.231	—	—	—	2.90	—	—
	1.30			0.233						
P_2O_5 , выделенная корнями овса. Овес переносился в 8—8½ час. вечера	3.70			0.650		24.45				
	3.50	3.50	280	0.609	овес	24.95	23.62	22.47	194.13	11.55
	3.30			0.666		21.45				
P_2O_5 , выделенная корнями овса. Овес переносился в 9—10 час. утра	3.70			0.224		24.15				
	3.50	3.53	282	0.248	овес	21.00	22.55	8.68	183.30	4.73
	3.40			0.253		22.50				

Вторую группу составляют растения, корни которых в нормальных условиях произрастания выделяют P_2O_5 и другие элементы. К этой группе относятся бобовые, масличные и др.

2. Отток питательных веществ (в данном случае P_2O_5) из стебля в корень, а из корня в почву у растений второй группы является нормальной их физиологической функцией. У растений первой группы подобный отток наблюдается только в случае вымывающего действия воды.

Представители первой группы характеризуются накоплением углеводов и примерно нейтральной реакцией их сока. Представители второй группы характеризуются накоплением белков и жиров, а также кислой реакцией их сока.

Выделение корнями минеральных веществ, как следствие нормальной физиологической функции растения, начинается после цветения; выделение же минеральных веществ, как следствие вымывающего действия воды, может быть осуществлено в любой период жизни растения.

3. Выделение корнями растений фосфорной кислоты, как следствие их физиологической функции, доказано автором настоящей работы путем проведения вегетационных опытов в изолированных культурах. В этом случае фосфорная кислота, поглощаемая одной прядью корней, переходила через стебель в другую прядь корней, а из последней выделялась наружу.

Таким образом обнаружено выделение корнями фосфорной кислоты у следующих растений: люпин, горох, гречиха, горчица и яровой рапс. Выделение P_2O_5 у этих растений достигало 14—34% от всей фосфорной кислоты, поглощенной надземной массой растения.

Не обнаружено в этих условиях выделения фосфорной кислоты у овса, кукурузы, пшеницы.

4. Вызываемые нормальной физиологической деятельностью растения отток и выделение корнями фосфорной кислоты обуславливается физико-химическими и биохимическими изменениями в структуре пластических веществ организма. Благодаря наличию у бобовых, масличных и других растений этой группы кислого клеточного сока, образующиеся белковые вещества и другие органические коллоиды, согласно воззрениям автора, имеют положительный заряд и поглощают анионы, в данном случае PO_4 . При распределении и отложении этих коллоидов внутри растения они попадают из элементов ксилемы, имеющих кислую реакцию, в элементы флоэмы, имеющие нейтральную или щелочную реакцию. Вследствие этого белковые вещества и другие коллоидные переходят или в изoeлектрическое состояние, или же меняют положительный заряд на отрицательный. В обоих случаях неизбежно должна выделяться P_2O_5 , которая вместе с выделяющейся в этих условиях водой попадает в обратный ток веществ по ситовид-

ным трубкам и выделяется наружу. Освобождение связанной внутри растения воды происходит также при отложении запасных жиров, углеводов, при образовании клетчатки и т. п. Во всех этих случаях вода может выделяться наружу и при наличии свободной фосфорной кислоты увлекать ее с собой.

5. Другим закономерностям подчиняются передвижения минеральных веществ у растений из семейства злаковых. У этих растений, благодаря нейтральной или слабо кислой реакции их сока белковые вещества и другие органические коллоиды находятся или в изоэлектрическом состоянии, или же приобретают отрицательный заряд и поглощают катионы. Вследствие этого злаки не могут в заметных количествах выделять P_2O_5 .

Они могут (во втором случае) выделять катионы, среди которых первое место займет, как наиболее подвижный и принимающий непосредственное участие в транспорте продуктов ассимиляции, калий.

6. Выделяемая корнями бобовых растений фосфорная кислота (наряду с другими корневыми выделениями) служит источником пищи для бактерий. Наличие на корнях бобовых клубеньковых бактерий несомненно находится в причинной зависимости от выделения растением фосфорной кислоты, а также других веществ. Обилию выделения корнями фосфорной кислоты у люпина соответствует обилие клубеньковых бактерий у него. (При наличии клубеньковых бактерий P_2O_5 не выделяется наружу, а перехватывается ими внутри корня.)

Для мощного развития клубеньковых бактерий необходимо, чтобы корневые выделения притекали к ним (бактериям) в течение продолжительного периода времени. Такие именно условия и представляют бобовые растения: люпин, клевер и др.

7. Выделяемая люпином, горчицей, гречихой, горохом и рапсом, фосфорная кислота может быть использована также другим растением, лишенным по тем или иным условиям иного ее источника. Такие условия автором были созданы путем проведения опыта в изолированных культурах (P_2O_5 была внесена во внешний сосуд, во внутренний сосуд была внесена смесь без P_2O_5). Овес, высаженный во внутренние сосуды, усваивал P_2O_5 , выделенную корнями перечисленных растений и дал урожай почти нормальной высоты в случае комбинации его с гречихой и горчицей, и несколько сниженный — в случае комбинации его с люпином и горохом (в комбинации овса с люпином не вся фосфорная кислота была использована овсом).

8. Такие же условия создаются при смешанных посевах овса с люпином, с гречихой, с горчицей, с горохом, когда субстратом служит песок, а источником P_2O_5 — фосфорит. Овес в этом случае не способен усваивать P_2O_5 из фосфорита и, будучи посеян в чистом виде, дает почти предельный урожай. Люпин, горох, гречиха и горчица

наоборот, обладают очень высокой способностью усваивать P_2O_5 из фосфорита, и дают в этих условиях урожай почти такой же высоты, как и по растворимому фосфату. Высеянный совместно с ними овес поглощает выделенную их корнями фосфорную кислоту и дает сравнительно высокий урожай.

9. Кроме большого или сезонного цикла корневых выделений, обслуживающегося изменениями растения в течение всего его вегетационного периода, растениям свойственен также и малый, или суточный цикл корневых выделений, обуславливающийся изменениями растения в течение суток. Цикл этот, являющийся в той или иной степени физиологической функцией каждого растения, характеризуется преобладанием поглощения над выделением в дневные и вечерние часы и, наоборот, — преобладанием выделения над поглощением в ночные и утренние часы. Суточный ход выделения корнями P_2O_5 (повидимому и других элементов) находится в связи с суточным ходом оттока у растений продуктов ассимиляции. В среднем за сутки молодые растения значительно больше поглощают питательных веществ, чем их выделяют, старые растения (правда не все), наоборот, больше выделяют, чем поглощают.

10. Проведенные автором настоящей работы опыты в водных культурах, путем периодического переноса изучавшихся растений с полной питательной смеси на смесь без P_2O_5 , обнаружили наличие выделения корнями фосфорной кислоты абсолютно у всех изучавшихся растений (овес, кукуруза, пшеница, горох, люпин, горчица, гречиха, рапс яровой). Выделение P_2O_5 в таких условиях является следствием вымывающего действия воды. Объясняется оно, как уменьшением осмотического давления в наружном растворе, так и обменом анионов внутри корня. Подобное выделение нельзя конечно рассматривать, как свойственную тому или иному растению физиологическую функцию, а скорее как ответ растения на насильственную реакцию, связанную с резким уменьшением как осмотического давления в наружном растворе, так и содержания в нем P_2O_5 .

11. Результаты изложенных выше исследований дают основания для более уверенного и более научного подхода к применению удобрений под разные культуры того или иного севооборота, а также для установления порядка их чередования. Эти же исследования указывают также путь, в каком направлении и для каких культур можно ожидать положительных результатов в случае внесения одной и той же дозы удобрения в несколько приемов. Под бобовые и масличные культуры этот прием техники внесения удобрений должен быть значительно менее эффективным, чем под злаковые, овощные и корне-клубне-плоды. Во всяком случае под бобовые и масличные дробное внесение удобрений должно быть закончено до цветения.

В выполнении настоящей работы большое участие принимала заведующая химической лабораторией Шатиловской опытной станции Е. А. Захряпина, которой, пользуясь случаем, выражаю глубокую признательность.

Научный институт по удобрениям,
Москва.

ЛИТЕРАТУРА

1. Liebig J., Chem. Briefe, p. 273 und Annalen d. Chem. u. Pharm., Bd. 105, p. 139, 1858.
2. Sachs J., Botan. Zeitung, 1860, p. 117.
3. Czapek Fr., Zur Lehre von den Wurzelausscheidungen, Jahrbücher für Wissenschaftliche Botanik, 1896, Bd. 29, S. 321—390.
4. Wilson W., The Cause of the Excretion of Water on the Surface of Nectaries. Untersuchung aus dem. Botan. Institut zu Tübingen, Bd. 1, p. 122 1881, Цитир. по Czapek'y (3).
5. Höveler W., Jahrb. f. wissenschaft. Botanik, Bd. 24, p. 310, 1892.
6. Simon S., Des Sacinthes, 1768. Цитир. по Czapek'y (3).
7. Gotta H., Naturalbeobachtungen über die Bewegung und Fruction des Saftes in den Gewächsen, mit vorzüglicher Hinsicht auf Holzpflanzen, Weimar, 1806, p. 47, Цитир. по Czapek'y (3).
8. Link H. F., Über Aussanderungen der Wurzelspitzen, Flora, 1848, p. 521.
9. Garreau et Brauwere. Recherches sur les Formations cellulaires, Ann. d. Sc. Nat. 4 Sieme Ser., t. X, 1858, p. 1818.
10. Cauvet D., Etudes sur le role racines dans l'absorption et l'excretion, Ann. d. Sc. Nat., Ser. IV, t. XV 1861, p. 323.
11. Mocaire-Princep, Ann. d. Pharmacie, Bd. VIII, 1833, p. 78—92, Цитир. по Czapek'y (3).
12. Unger, Einfluss des Bodens auf die Verteilung der Geweche, Wien, 1836, p. 142—151.
13. Braconnot, An. d. Chim. et d. Physique, t. 72, 1839, p. 32, 12, Цитир. по Czapek'y (3).
14. Chatin A., Pflanzenphysiologische Untersuchung mit arseniger Säure. Botan. Zeitung, 1847, Bd. V, p. 782.
15. Schulze E., Umlaut W. u. Urich A., Untersuchungen über einige chemische Vorgänge bei der Keimung der gelbe Lupine, Landw. Jahrbüch., Bd. V. 1876, p. 828.
16. Knop W., Landw. Versucht., Bd. IV, 1862, p. 176—178.
17. Kuntze G., Über Säureausscheidung, Die Landw. Vers. Stat., 1899, Bd. 52, H. 5 u. 6.
18. Kon R., Über Wurzelausscheidungen, Die Landw. Vers.-Stat., 1899, Bd. 52, H. 4.
19. Stoklasa J. u Ernest A., Beiträge zur Lösung der Frage der Chemischen Natur des Wurzelsekrets, Jahrb. f. Wissenschaftliche Botanik, 1909, Bd. 46.
20. Pfeiffer Th. u. Blank E., Die Säureausscheidung der Wurzeln und die Löslichkeit der Bodennährstoffe in Kohlensäurehaltigen Wasser, Die Landw. Vers.-Stat., 1912.
21. Maze, Annales de l'Institut Pasteur, 1911.
22. Шулов И. С., К вопросу об органических корневых выделениях, Исследования в области физиологии питания высших растений, Москва, 1913, стр. 169—193.
23. Truffaut G., Экзосмос в корнях растений и лечение хлороза, Rev. gener. agron., 1909, 60—65.

24. Pristley and Warmall, О растворах, выделяемых виноградной лозой, *New Phytologist*, XXIV, 1925.
25. Туева О. Ф., К вопросу об экзосмосе катионов из корневых систем, *Известия биол. научно-иссл. ин-та при Пермском универс.*, т. IV, вып. 10, 1926.
26. Осипова А. М. и Юферова М. В., К вопросу об экзосмосе сульфат и фосфат ионов из корневых систем, *Извест. биологич. научно-исслед. ин-та при Пермском универс.*, т. IV, вып. 10, 1926.
27. Благовещенский А. В., Попова В. А. и Соседов Н. И., Водные культуры хлопчатника и возможность экзосмоса некоторых веществ из корневой системы, *Труды Средне-азиатск. гос. ун-та, сер. VIII-в, ботаника*, вып. 5, 1929.
28. Hoagland, The relation of the Plant to the Reaction of the nutrient solution, *Science*, Vol. XLVIII, 1917.
29. Davidson and Wherry, Changes Phydrogenzin Concentration Produced by Growing Sedlings in Acid Solutions, *Journ. of Agric. Res.*, vol. XXVII, 1924.
30. Пуже И. и Шушак Д., О поглощении растениями фосфорной кислоты из растворов. *Журн. опыт. агроп.* 1910, стр. 825—831.
31. Пуже И. и Шушак Д. Влияние концентрации питательных растворов на их поглощение растением, *Журн. опыт. агроп.*, 1912.
32. Walter Stiles, *Annales of Botan.* vol. 38, N. 162, 1924.
33. Wilfarth H., Römer H. u. Wimmer G., *Landw. Vers.-Stat. Bd.* 63, 1905, S. 1—70.
34. Pfeifer Th. und Rippel, *Journ. f. Landw.*, 1921, Bd. 69, H. III.
35. André G., *Comptes Rendus*, 1912, T. 154, № 24, № 26.
36. André G., *Chimie Agricole, Chimie Vegetale*, Paris, 1924, S. 290.
37. Gile P. L. a. Carrero I. O., Содержание минеральных веществ в рисе на разных стадиях роста, *Journ. of Agricult. Research, Depart. of Agriculture. Waschington*, 1915, T. 5, 358—364.
38. Литвинов Л. С. и Колотова С. С. О поступлении и накоплении минеральных элементов в растениях. *Труды ботанич. ин-та Акад. Наук СССР*, вып. I, 1934 (*Экспериментальная ботаника*).
39. Remy Th., Dix W. u. Stamm G., Der Verlauf der Nahrungsaufnahme und das Düngebedürfnis des Kopfkohls und der Kohlrübe, *Landw. Jahrb.*, Bd. 35, 1906.
40. Kotowski F., Untersuchungen über den Verlauf der Nahrungsaufnahme bei Kopfkohlroter Rübe, Mohrrübe u. Zwiebele, *Gartenbauwissenschaft*, Vol. 4, № 5, 1931.
41. Becker J. *Handbuch des gesammten Gemüsebaues*, Berlin, 1929.
42. Remy Th. u. Weiske F., *Landw. Jahrb.*, Bd. 71, № 2, 1930 u. *Ernährung der Pflanze*, № 14, 1931.
43. Liesgang H. *Gartenbauwissenschaft*, Bd. 5, 1930.
44. Жак Леб, Белки и теория коллоидных явлений, Москва, 1933.
45. Mason T. a. Maskell E., *Ann. of Botan.*, № 45, 1931, 125—173.
46. Achromeiko A. I., Die organische Bodensubstanz und die Fruchtbarkeit des Bodens. *Zeitschrift f. Pflanzen, Düng. u. Bodenkunde*, 1933, t. A, Bd. 30, H. 1/3, S. 124—132.
47. Prof. Priänischnikow D., Über das Aufschlissen der Rohphosphate durch die Wurzelauausscheidungen von Lupinen. *Die Phosphorsäure*, 1934, Bd. 4, № 1.
48. Домонтович Л. К. и Шестаков А. Г., Влияние смешанного посева гречихи с овсом на использование P_2O_5 фосфорита, *Научно-агрономич. журн.*, 1927, 4, стр. 243—256.
49. Domontowitsch M. u. Schestakow A., Beiträge zur Frage über die Löslichmachung von Rohphosphat durch die Wurzeln der Kulturpflanzen, *Zeitschrift f. Pflanzen, Düng. u. Bodenkunde*, T. A, 1928, Bd. 11, H. 2/3, S. 108—112.
50. Домонтович М. К. и Шестаков А., *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. т. 22, 1929, № 1.
51. Домонтович М. К. и Полосин В. А., О мобилизации фосфорной кислоты

- фосфорита и фосфорной кислоты почвы корнями люпина и некоторых других растений, Из результатов вегетац. опыт. и лаборат. работ лаборатории академика Д. Н. Прянишникова, т. XV, 1930.
52. Stutzer, Maul u. Burri, *Centrb. f. Bakt., Abt. II*, 2, 665, 1896.
53. Gräff Gertraude, *Centralb. f. Bakt. Abt. II*, 72, 44—69, 1930.
54. Reipau, *Centralb. f. Bakt., Abt. II*, 72, 468, 1926.
55. Израильский В. П., Рунов Е. В., Бернارد В. В., Клубеньковые бактерии и нитрагин, Сельхозгиз, 1923.
56. Virtanen Artturi, Synnöve von Hansen und H. Karström, Untersuchungen über die Leguminöse Bakterien und Pflanzen, *Biochem. Zeitschr.*, Bd. 258, H. 1—4, S. 106, 1933.

A. КАПРОМЕИКО. ON THE DISCHARGE OF MINERAL SUBSTANCES BY THE ROOTS OF PLANTS

SUMMARY

1. In regard to the discharge of mineral substances by their roots, all the plants may be divided into two groups:

The first group comprises those plants the roots of which do not give off any phosphoric acid or any other mineral substances under normal conditions of growth (i. e. in the absence of any scouring action of water).

This group includes cereals, plants with edible roots and tubers, vegetables, etc.

The second group comprises those plants the roots of which discharge P_2O_5 and other elements under normal conditions of growth. This group includes *Leguminosae* and *Oleaceae*, etc.

2. As far as the plants of the second group are concerned, the flow of nutritive substances from the stem into the root, and thence into the soil, is a normal physiological function. No such flow is observable in the plants of the second group, except under the scouring action of water.

The representatives of the first group are characterized by an accumulation of carbohydrates and by a practically neutral reaction of their sap. Those of the second group accumulate proteins and fats, their sap showing an acid reaction.

The discharge of mineral substances by the roots of the plant as a consequence of its normal physiological function begins after flowering, if due to the scouring action of water it may take place at any stage of the life of plant.

3. The discharge of phosphoric acid by the roots of plants, as a consequence of their physiological function, has been proved by the writer by vegetation experiments on isolated cultures. In this case the phosphoric acid absorbed by one bundle of roots passed through stem into another bundle whence it was discharged.

Thus it has been discovered that the roots of some plants give off phosphoric acid. These plants are: lupine, pea, buckwheat, mustard and spring rape. The amount of P_2O_5 given off by these plants was as high

as 14—34% of the total phosphoric acid absorbed by the overground part of the plant.

Under the same conditions oats, maize and wheat did not give off any phosphoric acid.

4. The flow of phosphoric acid and its discharge by the roots, in as far as they are due to the normal physiological life of the plant, are accounted for by physico-chemical and biochemical changes in the structure of the plastic substances in the system of the plant. Since *Leguminosae*, *Oleaceae* and other plants of this group have an acid cellular sap, these proteins and other organic colloids that are formed have a positive charge in the view of the writer, and absorb anions, in this case PO_4 . When these colloids are distributed and deposited within the plant, they are transferred from the xyleme elements, which have an acid reaction, into the phloem elements, which have a neutral or alkaline reaction. As a result, the proteins and other colloids either pass into an isoelectric state or exchange their positive charge for a negative one. In either case P_2O_5 is constrained to be discharged and together with the water given off under the circumstances, the latter is comprised in the return flow of substances, carried along the sieve-tubes and finally discharged. The liberation of the water which is in a combined state while in the body of the plant, also takes place during the deposition of reserve fats, of carbohydrates, during the formation of the cellular tissue, etc. In all these cases water may be given off, and if any free phosphoric acid is present it may carry the latter away.

5. Other laws govern the migrations of mineral substances in the case of cereals. Since the reaction of their sap is either neutral or faintly acid, the proteins and other colloids of these plants are either in an isoelectric state or take up a negative charge and absorb cations. As a result, cereals cannot discharge P_2O_5 in appreciable quantities. They can (in the second alternative) give off cations, first among which is potassium, both owing to its greater mobility and because it takes a direct part in the transportation of assimilation products.

6. The phosphoric acid given off by the roots of *Leguminosae* is (along with other substances discharged by the roots) a source of food to bacteria. The presence of nodule bacteria on the roots of *Leguminosae* is, undoubtedly, due to the discharge by the plant of phosphoric acid and also of other substances. An abundant discharge of phosphoric acid by lupine is paralleled by the large number of bacteria it possesses. (In the presence of nodule bacteria P_2O_5 is not discharged by the plant, but is captured by the bacteria inside the root.)

In order to ensure a full development of nodule bacteria, the matter discharged by the roots must have had access to them for a long period of time. Those are the conditions realized by *Leguminosae*, such as lupine, clover, etc.

7. The phosphoric acid discharged by lupine, buckwheat, pea and rape may also be used by other plants having for some reason or other no other supply of P_2O_5 . To create such conditions, the writer made his experiments with isolated cultures (P_2O_5 being introduced into the outer vessel, while the mixture contained in the inner vessel had no P_2O_5 in its composition). The oats transplanted into the inner vessels assimilated P_2O_5 given off by the roots of the above plants, giving a nearly normal crop when combined with buckwheat and mustard, and a slightly lower one when combined with lupine and pea (when combined with lupine not all the phosphoric acid had been used up by the oats).

8. Similar conditions are also achieved in combining oats with lupine, buckwheat, mustard, pea with sand for a substratum, and phosphorite as a source of P_2O_5 . In this case oats cannot assimilate P_2O_5 of the phosphorite and, having been sown without admixture yields what is practically a record crop. Lupine, pea, buckwheat and mustard do, on the contrary, assimilate a high percentage of P_2O_5 contained in the phosphorite and yield in such cases a crop nearly equal to that obtainable with soluble phosphates. Sown together with these plants, oats absorb the phosphoric acid given off by their roots and give fairly good crops.

9. In addition to the major or seasonal cycle of root discharge due to the changes undergone by the plant in the course of the whole of its vegetation period, plants also have a minor or diurnal cycle of root discharge, due to the changes undergone by the plant in the course of 24 hours. This cycle which, to some extent or other, is a physiological function of every plant is characterized by the predominance of absorption over discharge in the day and evening hours, and the predominance of discharge over absorption in the night and morning hours. The diurnal variation of the discharge of P_2O_5 (and, to all appearances, of other elements as well) by the roots of the plant would seem to be connected with the diurnal variation of the flow of assimilation productions. On an average, young plants absorb in the course of 24 hours a considerably greater amount of nutritive substances than they discharge, while old plants (subject to certain exceptions) discharge more than they absorb.

10. The experiments made by the writer in aqueous cultures, when the plants under observations were periodically transferred from a full nutritive mixture into a mixture devoid of P_2O_5 , have proved that the roots of all the plants studied (oats, maize, wheat, pea, lupine, mustard, buckwheat, spring rape) discharge phosphoric acid. Under these conditions, the discharge of P_2O_5 is due to the scouring action of water. It is also accounted for both a lower osmotic pressure in the outer vessel and an exchange of anions within the root. Such a discharge cannot of course be regarded as a physiological function peculiar to some plant or other; far rather ought it to be regarded as the response of plant to the abrupt

fall both of osmotic pressure in the outer solution and of its P_2O_5 content.

11. The results of the investigations set forth above give useful suggestions as to a more reliable and more scientific use of fertilizers for various cultures of a given crop rotation, as well as to the order of their sequence. They also show in what respects and for what cultures satisfactory results may be expected if the same dose of fertilizer is introduced in several instalments. As far as *Leguminosae* and *Oleaceae* are concerned, this mode of introducing the fertilizer is likely to be less effective than in the case of cereals, vegetables or root or tuber crops. Anyhow, in the case of *Leguminosae* and *Oleaceae* if the fertilizer is introduced in instalments, the whole process of fertilizing must be well over before flowering sets in.

А. А. ОБРАЗЦОВА

МИКРООРГАНИЗМЫ РИЗОСФЕРЫ В БАТУМСКИХ КРАСНОЗЕМАХ

(при участии И. Вольфсон, А. Видмановой и студентки Е. Ревякиной)

(Представлено академиком А. А. Рихтером)

Красноземы дают невысокие цифры аммонифицирующих микроорганизмов. Аэробный азотфиксатор — азотобактер не встречен вовсе в ризосфере чайного куста. Корневая система разных видов растений селекционирует определенную по качественному составу микрофлору. Наибольшее количество микроорганизмов скопляется вокруг корневых систем. Микробный ценоз корневых систем представлен главным образом группой микобактерий и флуоресцирующими. Ведущее положение последних определяется внесенными удобрениями. В случае суперфосфата преобладают микобактерии, в случае азотистого или навозного удобрения — флуоресцирующие. Эти микроорганизмы ризосферы выявляют себя, как аммонификаторы и характеризуются высокой энергией дыхательного процесса.

Исследования Гильтнера (1) в 1904 г. указали на неравномерное распределение микроорганизмов в почве — корневые системы высшего растения являются местом скопления последних, образуя „ризосферу“. Дальнейшие работы иностранных и советских авторов, как-то: Старкей (2), Грэф (3), Вильсон и Ляйон (4), Рокицкой (5), Рихтера (6), Костычева (7), Сабинина и Мининой (8), Красильникова (9, 10) углубили наше представление о ризосфере, они дали подробную картину количественных соотношений между микроорганизмами и корневой системой растения, подойдя дифференцированно к отдельным группам почвенного микробиологического комплекса. Причина подобного скопления микроорганизмов стала нам понятной после установления работами Мазе (11), Шулова (12), Мининой (13), Виртанен (14), Красильникова (10) наличия корневых выделений различных органических веществ, которые создают благоприятную среду для развития микроорганизмов. Немаловажную роль в подобной группировке микроорганизмов, по-видимому, играют отмирающие корневые волоски и сами корневые системы; действительно, опыты Красильникова, поставленные по предложению академика А. А. Рихтера, показали, что при обрезании наземной части растения наблюдается постепенное увеличение количества

ризосферных микроорганизмов. Скопление микроорганизмов не остается без влияния на растительный организм, своим обменом веществ они воздействуют и на растения. Стоклаза и Эрнест нашли, что корневые системы растений без микроорганизмов выделяют меньше CO_2 , чем с ними, и одновременно микроорганизмы воздействуют на почву, изменяя ее, создавая новые условия для питания растений.

Таким образом вопрос изучения ризосферной популяции не является только теоретически важным, но при всестороннем его изучении может явиться моментом привлечения ризосферных микроорганизмов на службу практическому земледелию в направлении борьбы за количество и качество продукции.

Исследования Старкея (2) и Красильникова установили, что у различных растений количество микроорганизмов в зоне корневых систем неодинаково, но мы еще мало знаем в отношении качественного состава ризосферного комплекса. Только в отношении азотобактера установлено работами Шелуумовой (15) и Карпинской (16), что он развивается избирательно в зоне корневых систем, обуславливая азотное питание таких растений, как кукуруза и табак.

Факторами, играющими роль в формировании ризосферного комплекса, несомненно являются как само растение, так и почвенные условия. Работая в условиях влажных субтропиков с их оригинальными почвами, мы думали наряду с основной задачей сравнительного изучения количественного и качественного состава отдельных групп микроорганизмов, входящих в состав микрофлоры в зоне корневой системы и вне корневой в зависимости от удобрений, подойти к вопросу о значении почвенной среды для ризосферного комплекса.

Почвы Батумского побережья характеризуются кислой реакцией, рН почвенной суспензии колеблется от 4.0 до 6.5, вследствие сильного обеднения поглощенными основаниями, прежде всего двувалентными ионами, место которых занимает Н-ион. Обильное накопление Fe и Al, которые в процессе выщелачивания теряются после других, сообщает этим почвам своеобразную окраску от светложелтого цвета до интенсивно-оранжевых и красных тонов (17). Несмотря на буйное развитие растительности, обусловленное обилием влаги и высокой средней годовой температурой ($+14^\circ\text{C}$), гумусовый горизонт здесь сравнительно слабо развит и плантажирование легко приводит к потере органического вещества. По механическому составу, как отмечает Захаров (18), все почвы глинистые и тяжело-суглинистые, но отличаются значительной порозностью, следствием чего является большая водопроницаемость, они легко пропускают воду и воздух. Микробиологически, как это видно из работ Гардера (19), Швецевой (20) и Кузнецова (21), эти почвы мало активны. Количество нитрификаторов невелико, и их деятельность характеризуется слабой активностью: последняя несколько усиливается при внесении в почву фос-

фorno-кислого аммония; азотобактер не всегда обнаруживается и при искусственном внесении выживает лишь при известковании. И только процесс денитрификации характеризуется значительной интенсивностью при большом содержании групп *Bact. denitrofluorescens*. Общее количество микроорганизмов, подсчитанное по методу Германова, колеблется от 1300 млн. до 1880 млн. на 1 г почвы (21).

Объектом для изучения ризосферы нами был взят чайный куст, — культура, имеющая большое хозяйственное значение и хорошо развивающаяся на красноземных почвах. Изучению были подвергнуты три группы микроорганизмов: аммонифицирующие, разлагающие клетчатку, и аэробные азотификсаторы.

Для взятия почвенных проб были использованы опытные делянки, заложенные проф. Потаповым в Институте чайного хозяйства с. Анасеули (Озургеты), со внесением больших доз извести, фосфорно-кислых и серно-аммиачных удобрений, а также делянки Агрохимического отдела института со внесением удобрений в обычных дозах. Одновременно пробы брались на контрольных неудобренных делянках.

С каждой делянки брали пробы от трех чайных кустов на расстоянии 25 см от ствола на глубину 20 см — из зоны наибольшего скопления корневых разветвлений. Лопатой подрывалась почва, обнажалась корневая система, для посевов брали молодые корневые разветвления, заключенные в почвенных комках, и стерильным пинцетом помещали в пергаментный мешочек. Контрольная проба по возможности бралась там, где корни уже не встречаются. Взятые пробы доставлялись в лабораторию и подвергались обработке. Для определения количества ризосферных микроорганизмов вначале мы производили тщательное отряхивание корней и брали для посева навеску в 0.1 г, но опыт показал, что более четкие результаты получаются, если производить отмывку корней, как это рекомендует Красильников (9). Полученная почвенная взвесь служила исходным материалом для посевов на питательные среды. В основном мы пользовались пластинками кремнекислого геля, предложенными Виноградским, пропитывая последние минеральным раствором с прибавлением для аммонификаторов пептона; для разлагающих клетчатку на пластинку клались кружки фильтровальной бумаги. Учитывая кислотность почвы, мы работали со средами, pH которых равна 5.5—6.0. Как показал наш предварительный опыт, на средах с вышеуказанным pH обычно вырастали колонии в большем количестве и более разнообразные. Для азотобактера вносили или маннит или бензойнокислый натр. Впоследствии для аммонификаторов гелевые пластинки, в виду их легкого зарастания посторонними микроорганизмами мы заменили агаром, приготовленным на растворе Виноградского с прибавлением пептона. Для количественного и качественного определения аммонификаторов делался посев взвеси, разбавленной 1:20 000. Просмотр чашек велся через 5 дней и 15 дней. Для учета разлагающих клет-

чатку брали разведение 1:100, и для обнаружения азотобактера высевалось 50 почвенных зерен на чашку. Одновременно с этими посевами ставился опыт для определения доминирующего размножения аммонификаторов, для чего на чашку с пептоном высевалась навеска почвы, равная 0.05 г, на крышку чашки помещалась лакмусовая полоска, смоченная титрованным раствором кислоты. Этот метод основан на физиологической селекции и дает возможность выявить наиболее активных аммонификаторов при помощи приготовления препарата через определенный срок. Обычно мы вели просмотр этих чашек впервые через 10 час., а после через каждые 3—5 час. Скорость посинения лакмусовой бумаги указывает на энергию аммонификаторов данной пробы.

Полученные результаты помещаем в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Количество споровых и неспоровых бактерий, грибов и актиномицетов в ризосфере чайного куста в двухлетнем возрасте на делянках с высокими дозами удобрений

№ дел	Что внесено и в каком количестве	Общее колич. бакт. в тыс.	Споровые	Неспоровые	Актиномицеты	Грибы
23 } 13 }	Без удобрения	4 759 ¹	481	4 378	3 ²	2 ²
	Контроль	340	340	—	—	2
73	Сернокисл. аммон. 420 кг на га	4 755	650	4 105	1	1
	Контроль	500	370	130	—	1
33	Суперфосф. 2 000 кг на га	3 268	395	2 873	2	3
86 ³	Фосфорно-аммиач. удоб. 280 кг азота + 3 000 кг P ₂ O ₅ на га	5 322	797	4 525	—	1
	Контроль	120	120	—	2	—
24 } 25 }	Известь 6 850 кг на га	6 167	717	5 450	3	3
	Контроль	672	195	460	3	—

¹ Среднее из шести определений.

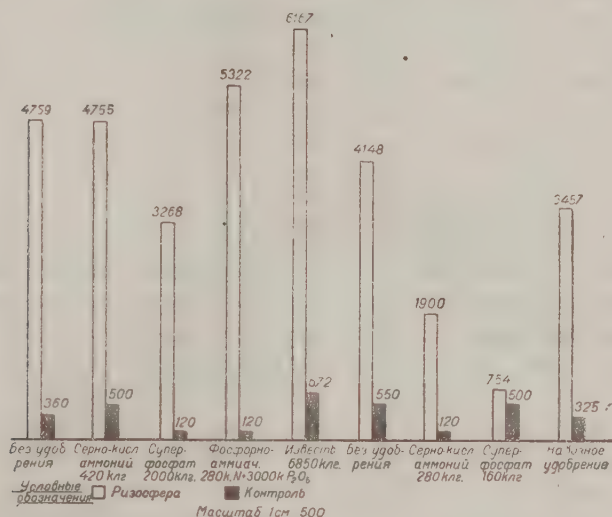
² Цифра характеризует не количество колоний, а только видовое разнообразие на чашку.

³ Растения, еще не цветущие, за исключением чайного куста на делянке № 86, имевшего распустившиеся бутоны.

Из данных, приведенных в таблицах, видно, что указанная разница вызывается отсутствием или чрезвычайно слабой выявленностью группы неспоровых микроорганизмов в пробах, взятых вне корневой зоны.

Что же касается влияния удобрений на количество ризосферных микроорганизмов, то, как видно из табл. 1 и фиг. 1, они не дают

резкого положительного эффекта; только известь вызвала увеличение общего количества бактерий на 25%. Что касается фосфорно-аммиачного удобрения, то увеличение в этом случае скорее можно объяснить стадией развития; на этой делянке чайный куст был в цветущем состоянии, тогда как на всех остальных растения еще не начали цветение. Большинство приведенных мной авторов указывают, что в период цветения, когда усиливаются все процессы у растения, наблюдается увеличение числа микроорганизмов в ризосфере. В октябре и ноябре месяцах, в течение которых протекала наша работа, все многолетние



Фиг. 1. Количество бактерий в ризосфере и вне ризосферы в тыс. на 1 г

чайные кусты цвели и имели вполне зрелые плоды. Для подтверждения нашего предположения мы взяли пробы ризосферы чайного куста в однолетнем возрасте с неудобренной делянки. Общее количество бактерий здесь получилось меньше; оно исчисляется 2725 тыс., из них 555 тыс. споровых и 1427 тыс. неспоровых, следовательно 50% того, что имеется у цветущего экземпляра. Повидимому, если проследить ризосферу во всех стадиях вегетации чайного куста, последний не будет исключением из общего правила. Что же касается делянок с обычными дозами (табл. 2), то здесь наблюдается даже уменьшение числа микроорганизмов.

Результаты, приведенные в табл. 2, указывают на наличие ризосферной микрофлоры. Микроорганизмы, которые находятся вокруг корневых разветвлений, исчисляются миллионами, а в контроле — вне ризосферы — обычно немногими сотнями тысяч на 1 г. почвы.

Таблица 2

Количество споровых и неспоровых бактерий, грибов и актиномицетов в ризосфере многолетнего чайного куста на делянках с обычными дозами удобрений

№ дел	Что внесено и в каком количестве	Общее количество бакт. в тыс.	Споровые	Неспоровые	Актиномицеты	Грибы
1	Без удобрения	4 148 ¹	171,5	3 976	1 ¹	3 ¹
	Контроль	550	30	520	—	1
2	Сернокислый аммоний 280 кг на га	1 900	200	1 700	3	2
	Контроль	120	120	—	3	1
	Суперфосфат 160 кг на га	754	159	595	3	5
	Контроль	500	370	130	—	—
9	Навозное удобрение	3 457	615	2 837	1	1
	Контроль	335	135	200	2	4

¹ Растения, цветущие и имеющие вполне зрелые плоды.

По нашим данным, количество сапрофитных микроорганизмов в ризосфере по горизонтам падает в вертикальном направлении, но разница между ризосферой и контролем сохраняется (табл. 3). Мы брали на ряду с обычным для побережья гибридом пробу у цейлонского сорта „Бадамтам“; табл. 3 показывает, что сортовые особенности растения не изменяют количества микроорганизмов в верхнем горизонте, но накладывают известный отпечаток на качественный состав изучаемых групп микроорганизмов. У сорта „Бадамтам“ наблюдается большое скопление в ризосфере споровых микроорганизмов по сравнению с гибридом. Что же касается различий количественного порядка в горизонтах 20—45 и 65—70 см, то они, по видимому, являются результатом различных способов посадки исследуемых сортов. Траншейный способ посадки чайного куста цейлонского сорта, при котором происходит перемешивание различных горизонтов почвы, приводит к более глубокому распространению корневых систем и к наличию большего количества микроорганизмов в ризосфере на указанной глубине.

Качественный состав выросших колоний, как видно из приведенных данных, в ризосфере своеобразный. Здесь преобладают споровые формы, давшие главным образом два типа колоний: выпуклые, блестящие, беловато-серые, иногда слизистые, и серые, блестящие, плоские колонии, при проходящем свете голубоватые, просвечивающие. При более подробном изучении микроорганизмы, образовавшие указанные типы колоний, нами были отнесены к группе микобактерий. Кроме этого, среди серых, блестящих, просвечивающих колоний встречались, имеющие различную интенсивность флюоресценции и объединенные нами в группу флюоресцирующих бактерий.

Таблица 3

Количество микроорганизмов в ризосфере по горизонтам для двух сортов чайного куста

Глубина в см	Общее кол.		Споровые		Неспоровые		Актиномиц.		Грибы	
	Гибрид	„Бадам-там“	Гибрид	„Бадам-там“	Гибрид	„Бадам-там“	Гибрид	„Бадам-там“	Гибрид	„Бадам-там“
0—20	4 056	3 828	110	940	3 940	2 880	2	1	1	2
Контроль	1 606	191	194	38	1 412	158	3	3	1	7
20—45	1 060	2 575	110	1 300	950	1 275	1	2	1	1
Контроль	70	216	42	33	28	183	2	2	—	4
65—70	—	1 282	—	833	—	449	—	3	—	1
Контроль	87	290	—	—	29	230	1	2	1	4

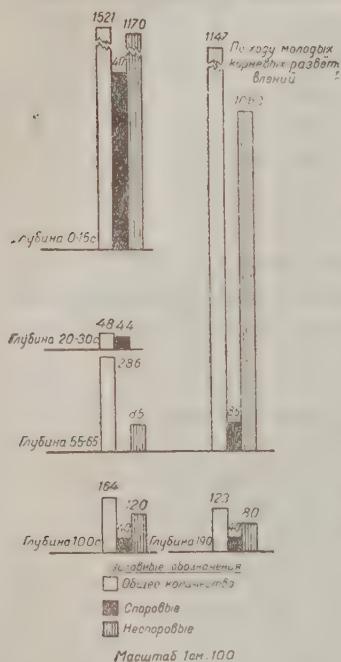
В контрольных чашках наблюдалась иная картина: общее количество колоний меньше и по своей структуре более разнообразное, встречаются спороносные, сарцины и отдельные колонии неспоровых.

Таблица 4

Количество различных колоний неспоровых бактерий в ризосфере в тысячах на 1 г

№ дел	Какое удобрение	Выпуклые, беловатосерые колонии	Серые, блестящие, просвечивающие колонии
23 } 13 }	Без удобрения	1 959	2 419
	Контроль	—	—
73	Сернистый аммоний	1 405	2 700
	Контроль	130	—
33	Суперфосфат	1 966	907
76	Фосфорно-аммиачн.	1 930	2 600
	Контроль	—	—
24 } 25 }	Известь	2 292	3 158
	Контроль	—	—
1	Без удобрения	1 478	2 418
	Контроль	210	310
2	Сернистый аммоний	378	1 300
	Контроль	—	—
4	Суперфосфат	308	286
	Контроль	55	330
9	Навозное удобрение	1 433	1 404
	Контроль	—	210

Таким образом корневая система чайного куста селекционирует определенную по качественному составу микрофлору. Здесь резко выявлено преобладание неспоровых палочковидных форм, часто очень мелких, почти шаровидных, подвижных или неподвижных. По своим морфологическим, физиологическим и культурным признакам они нами объединены в две группы — микобактерий и флюоресцирующих бактерий. Причем ведущими выявляются представители то первой, то второй группы в зависимости от примененного удобрения: так при внесении суперфосфата преобладают микобактерии, при азотистом удобрении и навозе — флюоресцирующие.¹



Фиг. 2. Разрез 1. На вершине невысокого холма. Старый мандариновый сад.

Первая группа — *Mycobacterium*. Наличие этой группы в ризосфере травянистых растений установлено Красильниковым (9) и им они описаны (23). К этой группе отнесены палочковидные формы, неспоровые, неподвижные или слабо подвижные; часто в висячей капле подвижными бывают только отдельные клетки. Размеры клеток колеблются от 1—1.5 μ до 2.5—5.5 μ длины, 0.5—0.7 μ ширины; они часто дают изогнутые ветвистые формы (фиг. 1 и 2) или располагаются так, что напоминают по форме бактериоиды *Bact. radicola*; на косом агаре культура часто бывает почти шаровидной формы, бактерии располагаются одиночно или соединены двойчатками (23). Различно красятся по Граму. Колонии дают беловато-серые формы, возвышающиеся или почти плоские, иногда слизистые, при проходящем свете голубоватые целиком или только по периферии; среди них встречаются пигментированные, главным образом в желтые тона, реже в оранжевые и розовые. На М. П. Б. многие растут очень слабо, давая ветвистые формы; ферментативно они мало активны, многие не разжижают желатины и не изменяют молока, другие только слабо пептонизируют желатину, давая небольшое чашечковидное углубление без жидкости в течение 10—12 дней. Молоко в этом случае обычно коагулировано при слабокислой реакции и имеет кольцо пептонизации. Не дают редукции нитратов и образования кислоты на глюкозе. NH_3 выделяют слабо, сероводорода не дают. На

¹ Н. А. Красильникову приношу благодарность за товарищескую помощь в группировке выделенных культур.

картофеле дают большей частью серый или бурый блестящий возвышающийся налет. При пересевах на питательные среды часто растут плохо. Из ризосферы и разрезов всего выделено 63 штамма. С представителями этой группы нами были поставлены опыты по выяснению их способности к редукции нитратов в смешанных культурах. Были взяты штаммы 1a, 1b, и 1c, но редукции нитратов не наблюдалось ни в случае смеси 1a с 1b, 1b с 1c и 1a с 1c, ни в случае соединения вместе трех штаммов.

В ризосфере чайного куста с внесением суперфосфата как удобрения эта группа является преобладающей.

Вторая группа — флюоресцирующие бактерии. В ризосфере она встречена нами на делянках с азотистым удобрением в виде сернокислого аммония и навоза. Степень пигментации среды различна. Группа представлена мелкими подвижными неспоровыми палочками, размером $3-5 \mu \times 0.6 \mu$, одиночными и парами. Желатину пептонизируют; на молоке дают пептонизацию и коагуляцию. На М.П.Б. дают резкую муть, часто пленку; все энергично выделяют NH_3 , некоторые дают H_2 . Образуют кислоту, разлагая глюкозу, очень немногие редуцируют нитраты. Всего выделено 18 штаммов, некоторые из них определяются как *Bact. fluorescens liquofaciens*, *Bact. fluorescens nonliquefaciens*, *Bact. fl. Schynkilliensis*.

Группа споровых палочек представлена главным образом типом *Bact. mycoides*, который здесь выделен в значительном числе вариантов и переходных форм между *Bact. mycoides*, *Bact. mesentericus* и *Bact. Subtilis*¹. *Bact. mycoides* первый появлялся на чашках, поставленных на доминирующее размножение. Мы часто обнаруживали его уже через 10 часов и через 18 получали резкое посинение полосок лакмусовой бумаги. Подробное описание этой группы будет дано ниже.

Сравнительные опыты по определению аммонифицирующей способности двух штаммов *Bact. mycoides* и некоторых ризосферных неспоровых палочковидных микроорганизмов на пластинках кремнекислого геля, пропитанного раствором Виноградского с 0.2 г пептона на чашку, подтвердили аммонифицирующую активность *Bact. mycoides* (табл. 5 на стр. 264).

Нитраты и нитриты были обнаружены только в виде следов. Препараты, приготовленные из чашек по Виноградскому, убедили в наличии в почве и *Bact. mycoides* и ризосферных микроорганизмов в виде отдельных больших скоплений. Из таблиц видно, что ризосферные микроорганизмы менее энергично разлагают пептон, давая только 30—40% выделяемого *Bact. mycoides* аммиака. Для постановки

¹ Нейберг (23) склонен рассматривать их как помеси между этими бактериями благодаря существованию у них полового процесса:

Таблица 5

Аммонифицирующая способность некоторых ризосферных микроорганизмов и *Bact. mycoides* на кремнекислом геле

Название культуры	Количество аммиака в мг за 24 часа		
	I опыт	II опыт	среднее
<i>Bact. mycoides</i> № 8	8.91	—	8.1
<i>Bact. mycoides</i> № 50/40	10.57	—	10.57
Ризосферный штамм 1с	2.38	3.18	2.7
Ризосф. штамм № 22/13	4.79	3.58	4.17
" " 1b	3.18	—	3.18
" " 1a	2.87	2.87	2.87

Таблица 6

Аммонифицирующая способность в самой почве

Название культуры	Количество аммиака в мг на 50 г воздушносухой почвы		
	до опыта	через 7 суток	прирост
<i>Bact. mycoides</i> № 8	4.50 } 4.46 4.41 }	7.7	3.24
Ризосферный штамм 1b	4.50 } 4.46 4.41 }	5.42 } 5.59 5.77 }	1.13
" " 1a	4.50 } 4.46 4.41 }	6.03 } 6.15 6.27 }	1.69

опыта в почве последняя была простерилизована в течение 2 час. при 2 атм., в нее было внесено 0.5 г простерилизованной гороховой муки и чистая культура соответствующего микроорганизма. Увлажнение было до 60% от полной влагоемкости; опыт продолжался 7 дней при температуре 25°.

Эти рекогносцировочные опыты по определению энергии аммонификации ризосферных и споровых форм показали, что микроорганизмы ризосферы являются слабыми аммонификаторами.

Последние работы Люндегарда и Бриггса в области минерального питания растений указывают на существование связи между дыханием корневой системы и поступлением минеральных веществ в растение. Потапов и Станков (24) подтвердили, что ведущим фактором в поглощении электролитов является энергия дыхания клеток корня. Не будет ли роль ризосферных микроорганизмов определяться их энергией дыхания, обеспечивающей поглощение минеральных веществ растительным организмом? Мы поставили ряд опытов по определению энергии дыхания различных выделенных нами ризосфер-

ных и неризосферных микроорганизмов с внесением различного энергетического материала, как-то: глюкозы, аспарагина и лимоннокислого натра.

Был применен метод почвенно-песчаных культур в бродильных сосудах Худякова (26). Почва, песок, энергетический материал, разведенный в малом количестве воды, так же, как и сами сосуды, тщательно стерилизовались. Увлажнение применяли 60% от полной влагоемкости. Воздух протягивался с помощью водоструйного насоса, предварительно освобождался от CO_2 и бактерий путем просасывания через трубки Баво со щелочью и через стерильные ватные фильтры. Углекислота после дыхания поглощалась раствором барита. Одновременно с двумя зараженными ставился контрольный незараженный сосуд. Заражение производилось путем внесения суточной культуры микроорганизма, смытой шестью кубиками воды.

Таблица 7

Интенсивность дыхания у ризосферных и неризосферных микроорганизмов

Какая культура	Условия опыта	Колич. CO_2 в мг за 28 час. при темп. 25°C			
		Без заражения	С заражением		
			I сосуд	II сосуд	среднее
Ризосферный штамм 1b . . .	50 г почвы + 0,5 г глюкозы	—	149.0	153.0	151.0
Ризосф. штамм 1b	50 г почвы + 0,5 г аспарагина	50.0	281.0	270.0	276.0
" "	50 г почвы + 0,5 г лим.-кисл. натра	36.9	249.4	260.2	254.8
" " 22/13	50 г почвы + 0,5 г лим.-кисл. натра	30.2	223.8	205.8	214.8
" " 23/13	То же	—	259.2	272.8	266.0
" " 1a	То же	28	276.6	168 ¹	276.6
<i>Bact. mycoides</i> 8	50 г почвы + 0,5 г глюкозы	15.0	50	—	50.
" "	50 г почвы + 0,5 г аспарагина	36.2	73.2	—	73.2
" "	50 г почвы + 0,5 г лим.-кисл. натра	—	96.5	—	94.8
" "	То же	23.2	94.8	—	—

¹ Просасывание воздуха шло с перерывами.

Результаты показали, что ризосферные микроорганизмы за 28 час. опыта выделяли значительно большее количество углекислоты по сравнению с *Bact. mycoides*. Наиболее энергично дыхание протекало в присутствии аспарагина и лимоннокислого натра, менее энергично —

Таблица 8

Количество микроорганизмов, разлагающих клетчатку

№ делянок	Какое удобрение	Колич. бактер. колоний	Колич. грибных колоний
33	Суперфосфат	833	3 разл. вида
	Контроль	—	2 " "
4	Суперфосфат	846	8 " "
	Контроль	360	3 " "
24 и 25	Известь	1 227	—
	Контроль	325	—
	Сернокислый аммоний .	1 575	1
	Контроль	170	—

с глюкозой. Данные Чеснокова и Базириной (25) тоже указывают на значительную энергию дыхательного процесса у ризосферных микроорганизмов в момент наиболее сильного подкармливания их высшим растением. Иногда количество CO_2 , выделяемой микроорганизмами, превышает энергию дыхания самого корня.

Изучение микрофлоры, разлагающей клетчатку, показало, что общее количество бактериальных и грибных колоний не превышает 2 000 колоний на 1 г почвы, спускаясь до 100 колоний. При этом количественное преобладание колоний падает, как правило, на сферу корней. Так, для проб с деленок с сернокислым аммонием для ризосферы мы имеем 1 650—1 500 колоний, для контрольной почвы всего 170. Обычно на пластинках вырастали и бактериальные и грибные колонии. Исключение — деленка с известью, на которой грибных организмов не обнаружено. Качественный состав бактериальных колоний довольно однообразен; в разных пробах мы обнаружили желто-коричневые и оранжевые колонии, состоящие из палочек и микробов. При изучении выделенных культур в лаборатории А. А. Имшенецким последние оказались отдельными стадиями развития *Cytophaga Hutchinsoni*. Также наблюдалось наличие серого слизистого налета, давшего хорошее разложение бумаги. Одновременно с цитофагой были обнаружены микробактерии. Грибная флора представлена только немногими колониями белого стерильного мицелия *Penicillium*, *Sporotrichum*, *Sardaria*; последние наиболее быстро давали разложение клетчатки.

Аэробный фиксатор азота в ризосфере ни разу не был обнаружен.

Наши результаты указывают, что в составе микробного ценоза корневых систем чайного куста на красноземных почвах встречаются

те же группы метатрофных бактерий, которые обнаружены и у травянистых растений в иных почвенных условиях, как показали исследования бригады Микробиологического института Академии Наук СССР, работавшей в условиях Заволжья. Но говорить об отсутствии индивидуального своеобразия микрофлоры ризосферы у различных растений еще преждевременно, особенно в связи с отмеченной рядом исследователей (Мишустин, Новогрудский) способностью бактерий отзываться на специфичность условий существования образованием экологических разновидностей. Кроме того необходимо сказать, что примененная нами методика далека от совершенства, которое могло бы нам обеспечить установление специфичного состава микробного ценоза ризосферы у различных растений.

Одновременно с изучением ризосферной популяции чайного куста мы ознакомились с аммонифицирующей группой, бактериями, разлагающими клетчатку, и аэробными азотоусваивающими бактериями в шести разрезах почвенных разностей Батумского побережья. Взятие почвенных проб проведено по генетическим горизонтам.

Разрез № 2 (почвенной экспедиции Академии Наук) сделан на чайной плантации Чаквинского совхоза, по восточному склону низких предгорий. Краснозем с наличием зебристого горизонта материнской породы. Наблюдается наличие смыва.

Разрез № 2

Глубина в см	Характеристика горизонта	Бактерии в тыс. на 1 г почвы			Актиноми- цеты	Грибы
		общее колич.	споро- вые	неспо- ровые		
0—3	Гумусовый, сильно перемеш. . .	1 737	460	1 270	2	5
3—20	В результате плантажа	388	110	274	—	4
20—35 молод. корни	Гумусовый с довольно большим количеством корней	1 260	157	1 100	1	2
20—35 старые корни	То же	119	39	73	—	1
35—65	Материн. порода буровато-оран- жевого цвета с ржаво-красными пятнами и довольно большим количеством корней (зебровид- ная глина)	631	70	560	1	—
80—85	Материн. порода бурой окраски с прослойками, корней нет (зебровидная глина)	1 405	35	1 370	—	—

Разрез № 3 расположен против второго разреза в зарослях родо-дендрона. Тип лесного краснозема.

Разрез № 3

Глубина в см	Характеристика горизонта	Бактерии в тыс. на 1 г почвы			Актиноми- цеты	Грибы
		общее колич.	споро- вые	неспо- ровые		
0—12	Влажный, темнокоричнев., сильно гумусовый, пронизан корнями	2 611	200	2 400	3	8
12—25 без корн.	Буроватожелтый с гумусов. окраской, корней мало	80	40	40	—	—
12—25 с корн.	Главным образом, отмершие . .	282	120	160	—	2
25—45	Желтое предыдущего, небольшое количество корней, конец гумусового горизонта	332	120	210	2	—
85—90	Материнская порода'	213	70	140	1	2
85—90	Каменистые включения	2 330	120	2 210	—	—

Разрез № 6 расположен на вершине холма, в лесу. Искусственное насаждение сосен и криптомерий. Кора выветривания пестроцветная с коричневым фоном.

Разрез № 6

Глубина в см	Характеристика горизонта	Бактерии в тыс. на 1 г почвы			Актиноми- цеты	Грибы
		общее колич.	споро- вые	неспо- ровые		
0—5	Лесная подстилка	727	345	380	3	1
10—15	Гумусовый горизонт с большим количеством корней, пестроцветных включений немного	475	330	140	3	2
20—25	Гумусовый горизонт, пестроцветные включения, корней мало .	105	69	34	1	1
20—25	То же по корневому ходу . . .	172	56	110	3	3
50—55	Структурная кора выветривания	242	34	205	2	1
100—105	То же	346	170	170	3	3

Разрез № 22 (почвенная экспедиция ВИУА). Расположен с северо-востока от мандаринового сада Чаквинского совхоза. Межхолмовое понижение со слабым (3—5°) уклоном к северу и к северо-западу. Чайная плантация посадки 1907 г.

Разрез № 22

Глубина в см	Характеристика горизонта	Бактерии в тыс. на 1 г почвы			Актиноми- цеты	Грибы
		общее колич.	споро- вые	неспо- ровые		
0—15	Влажный, равномерно и интен- сивно покрашен гумусом. Су- глинок пронизан корнями . . .	1611	194	1412	3	2
15—30	Влажный, желто-бурый, слабо окрашен гумусом, корней мало	72	42	28	2	—
30—60	Влажный, желто-бурый, с оран- жевыми полосами, корней очень мало,	199	28	170	1	—
60—100	То же с большим количеством полос и пятен оранжевого цве- та (зебровидная глина)	31	—	29	1	1

Разрез № 1 в старом мандариновом саду Чаквинского совхоза на вершине холма, в южной части сада. Склон 20—23°. Приморская часть невысокого холма левобережья реки Чаквы.

Разрез № 1

Глубина в см	Характеристика горизонта	Бактерии в тыс. на 1 г почвы			Актиноми- цеты	Грибы
		общее колич.	споро- вые	неспо- ровые		
0—15	Буроватокоричневый, заметно покрашен гумусом, пронизан корнями	1591	417	1170	—	4
15—30	Переходный. окраска гумусовая книзу ослабевает	48	44	—	2	2
35—65	Очень влажный, гумусовая ок- раска незаметна, тяжелый су- глинок; корни единичны . . .	1147	85	1060	2	—
по ходу корней	То же	286	—	285	1	—
35—65 без корней						
100 см	Структурная кора выветривания (много „гнилых камней“) . . .	164	40	120	2	2
190 см	То же встречаются черные про- жилки	123	40	80	1	2

Разрез № 8 расположен в понижении между холмами в 200 м к северу от разреза № 1. Общий склон на С.—С.-З.—5°. Мандариновые деревья посадки 1926—1929 гг. В момент взятия образцов почва была сильно влажная, влажность 50—60%. На глубине 65 см яма была на-

полнена водой. Высокая влажность создала анаэробные условия, и аэробные организмы все прижаты к поверхности почвы. На глубине 20—40 и 55—65 см развились только единичные колонии.

Разрез № 8

Глубина в см	Характеристика горизонта	Бактерии в тыс. на 1 г почвы			Актиноми- цеты	Грибы
		общее колич.	споро- вые	неспо- ровые		
0—15	Влажный, коричневатобурый, прокрашен гумусом, пронизан корнями	4 903	650	4 220	1	2
25—40	Очень влажный с редкими гумусовыми затеками, единичные корни		единичные колонии			
55—65	Мокрый, желтобурый тяжелый суглинок. На глубине 65 см вода. Слабо-оглееный горизонт .			То же		

Полученные результаты показывают, что наибольшее количество микроорганизмов сосредоточено там, где имеется органическое вещество в виде перегноя или по ходу корневых систем. На глубине 35—65 см, где гумусовая окраска уже не заметна, общее количество микроорганизмов падает до немногих сотен тысяч на 1 г почвы, тогда как по ходу корней мы получили резкое увеличение количества микроорганизмов, где неспоровые преобладают над споровыми, причем среди первых мы нашли те же основные формы колоний, которые типичны для ризосферы чайного куста. Старые корни (разрез № 2, глубина 20—35 см) бедны микроорганизмами.

В распределении аммонифицирующей группы по вертикали наблюдается значительное скопление бактерий на глубине 80—100 см (разрезы № 2 и № 3); количество бактерий почти равно верхнему горизонту, то же отмечает Кузнецов (21); по методу Германова им получено для горизонта Д 1208 млн. на 1 г и для горизонта А 1306 млн. Повидимому, подобное скопление микроорганизмов есть результат механического выноса последних выпавшими осадками. Легкая водопроницаемость красноземных почв облегчает этот вынос. Действительно, пробы для этих разрезов были взяты нами спустя два дня после пятисуточного выпадения обильных осадков.

Характер растительного покрова отражается на количественном и качественном составе микрофлоры. Если для разреза № 3, сделанного в зарослях рододендрона, общее количество сапрофитных форм исчисляется 3 млн. и неспоровые бактерии резко преобладают над споровыми, то иная картина получена для разреза № 6, сделанного на вер-

шине холма, покрытого соснами и криптомериями. Здесь общее количество не достигает 1 млн.— всего 727 тыс. и нет преобладания неспоровых форм, при несколько большем количестве актиномицетов и грибов; повидимому, в разложении тканей хвойных растений более активны последние. Всего из разрезов выделено около 100 культур; по качественному составу микрофлора содержит довольно много споровых. Доминантом и здесь является *Bact. mycoides*, который в препаратах для верхнего горизонта обнаруживается уже через 8 час. Все выделенные споровые культуры можно разделить на следующие типы.

1-й тип *Bact. mycoides* Flügge.

Подвижные или неподвижные крупные палочки, длина от 3 до 7.5 μ , ширина от 1 до 1.5 μ , грампозитивные; дают колонии или типичные с широко расходящимися по поверхности отдельными ветвями или, зернистые колонии с локонами, выраженными в различной степени, иногда с отходящими усами. На желатине уколом дают рост в виде „елочки“ (но также часто последняя отсутствует), медленно или быстро разжижают сначала чашечковидно, потом послойно. На М. П. А. дают плотную, часто морщинистую пленку, бульон прозрачный,— иногда сначала наблюдается помутнение, после наступает просветление. Молоко часто энергично пептонизировано, иногда коагулировано. Глюкозу разлагают с образованием кислоты. Редуцируют нитраты до нитритов; газообразования мы не наблюдали; по росту на картофеле различаются, давая или серый матовый налет, или розоватый, блестящий, иногда оранжевый. Энергично разлагают белковые вещества с образованием большого количества NH_3 .

Всего нами выделено 27 штаммов, различающихся друг от друга рядом признаков и представляющих различные варианты, образовавшиеся в природных условиях. Среди них мы встречали тонкие штаммы, ширина которых около 1 μ и толстые формы — от 1.4 — до 2 μ , что подтверждает наблюдение Новогрудского и Кононенко (27).

2-й тип *Bact. subtilis* Cohn.

Подвижные палочки, часто цепочки, длина 2—6 μ , ширина 0.7—1 μ ; грампозитивные, споры центральные, редко ближе к концу; колонии дают серые складчатые, иногда край сильно изрезан. На желатине образуют цилиндрическое разжижение с плотной или морщинистой пленкой, молоко пептонизируют. На М. П. Б. вырастают, вызывая помутнение и рыхлую пленку на поверхности, на картофеле образуют пышный, возвышающийся, розоватый налет, или беловато-серый морщинистый. Выделяют NH_3 . Слабо образуют кислоту при разложении глюкозы. Отдельные штаммы различаются энергией пептонизации, ростом на картофеле, дают коагуляцию молока.

Группа нами встречена как в разрезах, так и в ризосфере. Выделено 17 штаммов: 5 определены как *Bact. mesentericus*, 1—как *Bact. cereus*, 6 штаммов характеризуются крупным размером (длина 3—7.5 μ),

неподвижностью, колонии у них пленчатые, целиком снимающиеся. Этот вид часто встречался в ризосфере.

3-й тип *Bact. megatherium* De Bary.

Крупные палочки с зернистой плазмой, длина 2.5—7 μ , ширина 2.5 μ , слабоподвижные, грампозитивные, дают пептонизацию желатины. На М. П. Б. образуют муть с белой рыхлой пленкой на поверхности. Молоко пептонизируют. Дают образование NH_3 и сероводорода. Нитратов не восстанавливают. Встречаются редко, выделено два штамма, различающихся ростом на картофеле.

4-й тип *Bact. terminalis*. Migula.

Крупные палочки, длина 3—7.5 μ , ширина 0.7 μ , с концевой спорой, диаметр последней больше диаметра вегетативной клетки. Подвижны, грампозитивны. Дают расплывающиеся, неправильной формы часто с лопастными краями колонии. Желатину медленно разжижают. Молоко не изменяют. Выделено 9 штаммов.

Сборная группа. Крупные палочки, длина 6—15 μ , есть цепочки, иногда длинные нити до 35 μ , грампозитивны, два штамма подвижные, остальные неподвижны. Споры срединные, два штамма дают клостридиальную форму. Желатину не пептонизируют совсем или медленно. На М. П. Б. дают помутнение и осадок, один штамм дает крошащуюся пленку. Встречаются редко. Выделено 5 штаммов.

Группа неспоровых палочковидных микроорганизмов, как это видно из разрезов № 2, 3, 22. 1 и 8 (исключение — разрез № 6), является преобладающей по количеству не только в ризосфере, но и вообще в красноземных почвах так же, как это отмечается Красильниковым для Заволжья. По своим морфологическим и физиологическим особенностям они довольно однообразны, большинство штаммов относится уже к описанным выше группам — микобактерий и флюфесцирующих, остальные мы разбиваем на следующие группы:

1-я группа — пигментные неспоровые палочки.

Полиморфные мелкие палочки, на М. П. А. часто в виде коккобактерий, ширина 0.5—0.7 μ , длина 1.5—3 μ , подвижные или неподвижные, образующие оранжевый или желтый пигмент, грамотрицательны, на желатине дают или рост по уколу или в точке укола в виде розетки, или пептонизируют желатину с различной скоростью. Большинство выделяет NH_3 . Редукцию нитратов дает только один штамм. Выделено 12 штаммов.

2-я группа — неспоровые палочки, способные к денитрификации.

Палочки, ширина 0.5—0.7 μ , длина 1.5—3.5 μ , подвижные, грамотрицательные, ферментативно малоактивные — желатину не разжижают, молоко не изменяют. На М. П. Б. дают помутнение. Нитраты редуцируют, газообразования нет. В ризосфере не встречались. Выделено 2 штамма.

3-я группа — крупные палочки.

Крупные палочки, длина 3—7.5 μ , дают нити, часто двойчатки, грамм-позитивны и подвижны. Желатину пептонизируют, давая послойное цилиндрическое разжижение, молоко не изменяют или пептонизируют. На М. П. Б. дают помутнение и пленку, на картофеле розоватый, блестящий налет. Выделено два штамма, в ризосфере не встречаются.

4-я группа. Мелкие стройные палочки, длина 1.5—3 μ , ширина 0.5—0.7 μ , подвижные или неподвижные, дают беловато-серые большие слизистые колонии. Ферментативная активность различна, некоторые пептонизируют желатину и молоко. На картофеле дают буровато-розовый или коричневый пигмент. Всего — четыре штамма.

Группа шаровидных форм. В ризосфере встречаются только как исключение, но в почвенных пробах обнаружены как в верхних горизонтах, так и на глубине 100—190 см. Представлены главным образом микрококками. Часто пигментированы, преимущественно, в желтые тона, многие дают серый или беловатый рост. Желатину часто пептонизируют, молоко не изменяют. Иногда выделяют NH_3 . Нитратов не восстанавливают. Всего выделено 25 штаммов.

Сарцины встречаются редко, всего выделено 7 штаммов.

Актиномицеты. Часто встречаются в почве Аджаристана, иногда давая значительное количество колоний на чашку Петри, но видовое их разнообразие невелико. Нами выделено 23 штамма. Встречены исключительно формы с несептированным мицелием, образующие воздушные споры.

Первая группа — образующих растворимый пигмент на белковых средах.

Колонии развиваются в виде серых выпуклых образований. Среду окрашивают в коричневый цвет, который часто с течением времени исчезает. Рост в желатине по уколу дают в виде отдельных зернистых колоний, в точке укола культура погружена в желатину. Молоко большинство пептонизирует. Образуют NH_3 , у одного штамма выявлена способность восстанавливать нитраты.

Вторая группа — необразующих растворимый пигмент на белковых средах.

Колонии серые выпуклые, позже мучнистые, ферментативная способность различна, большинство слабо пептонизирует желатину. Молоко некоторые штаммы коагулируют и пептонизируют, на картофеле дают белый мучнистый налет. Два штамма дают желтые колонии, один — кирпично-красные. Один, выделенный нами штамм, можно отнести к роду *Proactinomyces*, характеризующийся отсутствием воздушного мицелия; колонии легко снимаются с питательной среды.

Иногда встречались дрожжи; нами выделены белые и розовые из *Torulopsis*. Среди разрушающих клетчатку в разрезе встречены те же микроорганизмы, что и в ризосфере — цитофаги и микобактерии.

Грибных колоний на чашках обычно вырастало значительное количество, но разнообразие их незначительно, наибольшее количество различных колоний вырастало из верхних горизонтов. Наиболее часто мы встречали: грибы со стерильным мицелием, различно пигментированные *Penicillium*, *Sardaria*, *Trichoderma*, *Sporotrichum*.

Полученные нами результаты дают возможность установить, что красные, характеризующиеся кислой реакцией, дают невысокие цифры изученных нами групп микроорганизмов; наибольшее количество их скопилось вокруг корневых систем. Качественный состав ризосферной микрофлоры представлен почти исключительно группой микобактерий и флюоресцирующими, ведущее положение последних определяется внесенным удобрением. Микроорганизмы ризосферы способны к аммонификации и характеризуются высокой энергией дыхательного процесса в присутствии специфического вещества. Но все же, чтобы объяснить роль микроорганизмов в ризосфере, данных еще недостаточно, и вопрос требует дальнейших исследований.

Институт физиологии растений.
Академия Наук СССР.
Москва.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hiltner, Arb. Deutsch. Land. Gesell., H. 98, 1904.
2. Starkey, Soil Sci. XXVII, 1929 и XXXII, 1931.
3. Gräff, Zentralbl. f. Bakt., I. Abt., 82, 1928.
4. Wilson a. Lyon, Univ. Agr. Exp. Stat., Mem. 103, 1926.
5. Рокицкая, Труды II Междунар. конгресса почвоведов, 260, 1932.
6. Рихтер и Вернер, Журнал Опытн. агроном. юго-востока, IX, 1931.
7. Костычев, Труды Отдела с.-х. микробиологии, I, 1926.
8. Сабинин и Минина, Хим. соц. земледелия, 6, 1932.
9. Красильников, Рыбалкина, Габриелян и Кондратьева, Труды Комиссии по ирр., вып. 3, 1934.
10. Красильников, Журнал микробиологии, III, вып. 3, 1934.
11. Mazé, Ann: Inst. Past. 25, 1911.
12. Шулов, Исслед. в обл. физиол. пит. высш. раст. при помощи методов изолир. питания и стер. культур, 1913.
13. Минина, Известия Биолог. научн.-иссл. института Пермского университета, V, 1926.
14. Virtanen, Bioch. Zeitschr., 258, 1933.
15. Шелоумова, Труды Института с.-х. микробиологии, V, 1933.
16. Карпинская, Труды Ак.-Кавказской оп. оросит. станции, 7, 1930.
17. Потапов, Основы удобр. субтропич. почв под чайную культуру, 1932.
18. Захаров, Почвы опыт. станц. и совх. „Чай-Грузия“, 1929.
19. Гаредж, Труды Института с.-х. микробиологии, 4, 1928.
20. Швецова, Труды Института с.-х. микробиологии, 4, вып. 3, 1931.
21. Кузнецов, Микробиология почвы и удобрения, вып. 2, 1933.
22. Красильников, Доклады Акад. Наук СССР, 2, № 9, 1934.
23. Neyberg, Ref. Cent. f. Bact., I. Abt., 88, 1930.

24. Потапов и Станков, Доклады Акад. Наук СССР, № 1, 1934.
25. Чесноков и Базырина, Труды Ленингр. о-ва естествоиспыт., LXIII, вып. 1 (1934).
26. Дианова и Ворошилова, Научн. агрономич. журнал, № 7-8, 1924.
27. Новогрудский и Кононенко, Журнал микробиологии, 4, вып. 1, 1935.

A. OBRASZOVA. RHIZOSPHERE MICROORGANISMS OF THE BATOU RED SOILS (KRASNOZEM)

SUMMARY

Cellulose-decomposing ammonifiers and aerobic nitrogen-fixers were the microorganisms studied in the rhizosphere of the tea-bush. The experiments were carried out on plots which had received the usual doses of fertilizers.

The results showed the rhizosphere to contain millions of microorganisms, while the control samples outside the rhizosphere contained hundreds of thousands per gram of soil. Of the fertilizers employed, only lime, caused a 25 per cent increase in the total amount of bacteria. An increase in the number of microorganisms is observed during the flowering stage. The root system of the tea-bush selects a definite microflora: two groups of non-sporiferous, rod-shaped forms predominate, microbacteria and fluorescent bacteria.

About 100 cultures were isolated from different sections of the soil. All the isolated sporiferous cultures may be divided into four types: 1) *Bact. mycoides* Flüge, 2) *Bact. subtilis* Cohn, 3) *Bact. magatherium* De Bary, 4) *Bact. ferminalis* Migula.

Besides microbacteria and fluorescent bacteria the following five groups were isolated from non-sporiferous forms: 1) pigment bacteria, 2) rods having denitrifying powers, 3) large rods, 4) small fine rods, 5) cocci.

23 strains of *Actinomycetes* were isolated. The krasnozems do not show high numbers of the groups of microorganisms studied. The highest numbers are observed around the root system. The dominating position in the krasnozems of microbacteria and fluorescent bacteria depends on the fertilizers introduced. The rhizosphere microorganisms are monifiers. The data are as yet insufficient for explaining the role of microorganisms in the rhizosphere.

Д. НОВОГРУДСКИЙ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОБОВ В БОРЬБЕ С ГРИБКОВЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

(Представлено академиком Г. А. Надсоном)

Среди многочисленных и разнообразных явлений антагонизма между почвенными грибами и другими микробами заслуживает особого внимания группа почвенных бактерий, обладающих способностью разрушать и растворять мицелии и споры различных грибов.

В настоящей статье излагается методика, позволяющая находить и изолировать эти бактерии. Изучаемые бактерии не только обладают способностью разрушать грибные тела на искусственных средах, вроде картофельного агара, но и проявляют значительную активность и при внесении их в почву.

В опытах с пшеницей внесение *Fus. graminearum* в стерилизованную почву вызывало поражение и гибель растений. Добавление к почве бактерий предохраняло пшеницу от фузариоза. В опытах со льном на льно-утомленной не стерилизованной почве внесение бактерий заметно снижало процент заболевших растений.

В почве и на растениях имеют огромное распространение грибы, возбудители различных болезней культурных растений.

Наши культурные растения были бы давно и сплошь заражены грибами, если бы не естественные факторы, которые ограничивают их агрессивность и распространение. Важнейшие из этих факторов:

- 1) невосприимчивость и сопротивляемость растения к заражению и
- 2) уничтожение паразитных грибов другими микроорганизмами.

Если первый из этих факторов более или менее изучался, то совершенно иначе обстоит дело с изучением антагонизма между различными почвенными микробами и фитопатогенными грибами. Эта обширная область только лишь начинает привлекать внимание исследователей.

Вопрос об использовании бактерий для борьбы с различными вредителями — далеко не новый. Неисчерпаемый ум Пастера выдвинул идею бактериальной борьбы с вредителями-грызунами, а Мечников и Леффлер — об использовании микробов для борьбы с насекомыми. Оба эти пути, как известно, привели к значительным успехам. В отношении паразитной микрофлоры почвы проблема бактериальных методов борьбы все еще находится в стадии первых и ориентировочных опытов.

Задача настоящей статьи — осветить состояние этого вопроса за границей и у нас, в СССР.

1. Можно ли использовать явления антагонизма для частичного регулирования почвенной микрофлоры? Нельзя ли при помощи одних микробов полностью или частично устранять из почвы другие микробы и оградить культурные растения от их вредного действия?

Одними из наиболее ранних, насколько нам известно, являются в этом отношении опыты Porter (1924). Хотя они проведены не в условиях почвы — они заслуживают внимания. Стерильные проростки пшеницы выращивались на кусочках ткани. Вокруг ростков ткань обильно засеивалась спорами *Helminthosporium*. Одна часть отрезков ткани, приготовленных описанным образом, была предварительно погружена в бульонную культуру бактерии № 45 (индекс этой бактерии 5131—52120—1333); другая же часть — без бактерий — оставлена в качестве контроля. Кроме того, одна серия проростков не была заражена ни грибом, ни бактерией, а другая серия — одною только бактерией № 45. Судьба растений в различных сериях оказалась различной (табл. 1).

Таблица 1.

Способ заражения	25/X				3/XI				2/XII			18/XII		
	Зара- женных	Не зара- женных	% зара- женных		Зара- женных	Не зара- женных	% зара- женных		Зара- женных	Не зара- женных	% зара- женных	Зара- женных	Не зара- женных	% зара- женных
Без грибка и без бактерий .	0	10	0		0	10	0		0	35	0	0	25	0
Бактерией № 45	0	10	0		0	10	0		0	36	0	0	30	0
<i>Helminthosporium</i>	4	6	40		5	5	50		15	65.1 ¹	20 ¹	9	9	50
<i>Helminthosporium</i> + бакте- рия № 45	1	9	10		1	9	10		14	28	33	3	20	13

¹ Здесь в таблице Porter явная опечатка.

Опыт повторялся четыре раза в различные сроки, и всякий раз бактерии № 45 заметно понижали процент проростков пшеницы, пострадавших от *Helminthosporium*.

Интересные результаты получил также Vamberg (2) с какой-то бактерией В-1, обладавшей способностью растворять колонии пыльной головки кукурузы. При заражении кукурузы чистой культурой *Ustilago zeae* (материал для заражения вводился в стебли кукурузы при помощи шприца) Vamberg получил около 70% положительных результатов. Если же заражение производилось смешанной суспензией спор

Ustilago zeae и бактерии В-1, то инфекция или вовсе не наступала, или же на немногих экземплярах появлялись только „абортные опухоли“. Интересно, что бактерия В-1 не оказывала никакого действия на инфекцию, если она вводилась в растение раньше, чем за три дня до заражения *Ust. zeae*, а также и в том случае, если они вводились позже, чем через 3 дня после заражения грибом. По мнению Bamberg, найденная им бактерия В-1 и в природных условиях противодействует заражению кукурузы пыльной головней.

Weindling (3) использовал грибок *Trichoderma lignorum* для борьбы с *Rhizoctonia*, возбудителем болезни проростков цитрусовых, называемой *damping off*. Так как для этих проростков восприимчивый период весьма непродолжителен, то обильное заражение почвы защитным организмом *Trichoderma lignorum* могло предохранить молодые растения в критический для них период от *Rhizoctonia*. Надо заметить, что добиться преобладания *Trichoderma* среди грибов поверхностного слоя почвы весьма нелегко. Этому препятствует значительная склонность этого гриба к автолизу, а также большая потребность его вегетативной стадии во влаге. Повидимому, существенное значение имеет и кислотность почвы (4).

В умеренно- и сильнокислых почвах заражение некоторыми расами *Trichoderma* иногда ведет к почти полному вытеснению *Rhizoctonia*. В этих случаях из таких почв трудно бывает выделить *Rhizoctonia*, в то время как *Trichoderma* обильно выделяется.

Allen и Haenseler (1935) (5) применили недавно тот же грибок *Trichoderma lignorum* для предохранения огурцов и гороха от *Rhizoctonia*. Опыты ставились следующим образом: 24 сосуда были наполнены нестерильной почвой и заражены чистой культурой *Rhizoctonia*, и 24 таких же сосуда — чистой культурой *Pythium*; 12 сосудов каждой серии получили дополнительное заражение чистой культурой *Trichoderma lignorum*. Три дня спустя после заражения почвы грибами половина сосудов была засеяна огурцом, а другая половина — садовым горохом. Сосуды стояли во влажной и теплой оранжерее. Через 2 недели после учета состояния первого посева все растения были удалены и в те же сосуды произведен вторичный посев тех же культур. Учет результатов второго посева произведен был через месяц. Результаты этого опыта приведены в табл. 2 (стр. 280).

Из данных табл. 2 следует, что введение в нестерильную почву *Trichoderma* заметно увеличивает процент здоровых растений у огурца, причем эффект этот проявляется как в отношении *Pythium*, так и *Rhizoctonia* в обоих посевах. Несколько иначе ведет себя горох. В первом посеве в сосудах с *Pythium* мы не видим заметного эффекта, а в сосудах с *Rhizoctonia* — он невелик. Во втором посеве защитное действие *Trichoderma* проявляется заметно резче, хотя оно во всех случаях у гороха ниже, чем у огурца.

Таблица 2

Процент незаболевших растений

Растение \ Заражено	Проц. незаболевших растений			
	<i>Pythium</i>	<i>Pythium</i> + <i>Trichoderma</i>	<i>Rhizoctonia</i>	<i>Rhizoctonia</i> + <i>Trichoderma</i>
1-й посев				
Огурец (90 экз.)	7.8	36.7	17.8	33.3
Горох (60 экз.)	40.0	34.0	41.7	53.8
2-й посев				
Огурец (90 экз.)	43.9	72.0	37.8	81.1
Горох (60 экз.)	30.0	55.0	31.7	55.5

Другой опыт такого же рода был проведен с почвой, предварительно простерилизованной формальдегидом и затем тщательно проаэрированной (табл. 3). И в этом опыте совершенно отчетливо видно защитное действие *Trichoderma lignorum*.

Недавно Greaney и. Machacek (1935) (6) сообщили об успешных опытах по предохранению пшеницы от заражения *Helminthosporium sativum* при помощи грибка — антагониста *Trichothecium roseum*. Эти опыты, как и предыдущие, производились не в открытом грунте, а под стеклом.

Таблица 3

Процент здоровых растений

Растение \ Заражено	Стерильн. сосуд	Проц. здоровых растений			
		<i>Pythium</i>	<i>Pythium</i> + <i>Trichoderma</i>	<i>Rhizoctonia</i>	<i>Rhizoctonia</i> + <i>Trichoderma</i>
Огурец (90 экз.) . .	80.0	31.1	87.8	33.3	87.8
Горох (60 экз.) . . .	46.7	23.3	53.5	36.7	61.7

Наибольший интерес с точки зрения практических достижений представляет работа Kiesling (1933) (7). Он сообщил об удачных опытах использования бактерий для предохранения картофеля от парши, вызываемой *Actinomyces scabies*. В отличие от всех упомянутых выше работ, опыты Kiesling проведены в полевых условиях. Для опытов был выбран участок, на котором картофель ранее сильно страдал от парши и вследствие этого уже несколько лет как его перестали на этом поле сажать. Весь участок был заражен *Actinomyces scabies* пу-

тем введения в почву суспензии этого микроба и разбит на 4 делянки. Две делянки были удобрены навозом; две другие получили минеральное удобрение. В одну из делянок каждой из этих двух групп дополнительно вносили бактерию антагониста *Actinomyces scabies*. На обработанные таким образом делянки были посажены сорта картофеля, восприимчивые к парше («Juli», «Isolde» «Goldperle»). На всех делянках, в которые не было внесено бактерий, восприимчивые сорта картофеля были поражены паршой, в то время как на бактеризованных делянках клубни были почти совершенно свободны от поражения. По мнению Kiesling, такое использование антагонистов-бактерий является эффективным средством борьбы с картофельной паршой, применимым в полевых условиях.

Перечисленные примеры говорят о том, что микробиологические методы борьбы с грибковыми болезнями культурных растений представляют далеко не только теоретический интерес. Они показывают, что научная мысль, правда, еще ощупью и робко, испытывает новые и интересные возможности в деле борьбы с болезнями растений.

Так обстоит дело за границей. У нас, в СССР, эти вопросы изучались в течение последних $2\frac{1}{2}$ лет¹, причем мы шли несколькими путями.

II. Во всех опубликованных в иностранной печати работах обращают на себя внимание два обстоятельства: 1) бактерии, которые используются в качестве антагонистов, ни в одном случае научно не описаны, методы их выделения не указаны; названия их скрыты под условными обозначениями; 2) все находки таких бактерий, насколько имеется возможность судить, произведены более или менее случайно.

Такие случайные находки бывали и у нас. Например А. Н. Клечетов нашел какой-то, точно не определенный, актиномицет, который оказался антагонистом возбудителя антракноза льна — *Colletotrichum lini*². Я. П. Худяков в нашей лаборатории описал бактерии, производящих лизис различных видов *Fusarium* (8). Более подробно об этих бактериях речь будет ниже.

Одна из важных задач наших исследований заключалась в том, чтобы от случайных находок бактерий-антагонистов перейти к разработке общих приемов нахождения их в природе и их изолирования. При этом мы исходили из следующих предположений.

Если бактерии-антагонисты распространены в природе и антагонизм, между этими бактериями и грибами играет роль экологического фактора, ограничивающего агрессивность и распространение грибов, то такие лизирующие бактерии надо искать там, где соответствующие

¹ В лаборатории а втора в Микробиологическом институте Московского университета; в настоящее время — в Микробиологическом институте Академии Наук СССР.

² По неопубликованным материалам Сектора защиты растений Всесоюзного института льна в Торжке.

грибы себя активно проявляют. Такою областью для многих паразитных грибов является почва, особенно поверхностные ее горизонты занятые корнями растений.

С другой стороны, наблюдения над микрофлорой стеблей здорового и больного льна показали нам, что бактерии, производящие лизис паразитных грибов, являются довольно обычными на пораженном грибами льне. Таким образом, были намечены два источника, где бактерии-антагонисты должны быть распространены в природе. Это, во-первых, почва, особенно область ризосферы растений; и, во-вторых, поверхность самих растений.

Остановимся теперь более подробно на приемах выделения бактерий, производящих лизис грибов, из обоих этих источников.

Выделение бактерий, лизирующих грибы из почвы

Для выделения непосредственно из почвы бактерий, производящих лизис грибов, конечно непригодна ни одна из обычных лабораторных сред. Какую из этих сред мы ни возьмем и ни засеем ее почвой, на ней всегда получают преобладание различные другие микроорганизмы, но не бактерии, которые нас в данном случае единственно интересуют и которые обладают способностью производить лизис определенных почвенных грибов. Это совершенно понятно. Поэтому успех выделения таких бактерий основан на том, чтобы создать условия, исключительно благоприятствующие их развитию и неблагоприятные для прочих микроорганизмов.

Такой прием был разработан у нас для выделения из почвы бактерий, производящих лизис *Fusarium*, и был с большим успехом применен в работе Я. П. Худякова. Сущность его чрезвычайно проста: субстратом, на который высевается исследуемая почва, является сам мицелий *Fusarium*.

На пластинках картофельного агара¹ выращивают сначала мицелий какого-нибудь фузариума (*Fusarium culmorum*, *Fus. lini*, *Fus. graminearum* или др.). Нужно заботиться, чтобы гриб равномерно разросся по всей поверхности агаровой пластинки. Для этого удобнее всего одну или несколько капель взвеси конидий при помощи шпателя Дригальского тщательно размазать по всей поверхности агара. Когда мицелий гриба достаточно разрастается, на него наносят увлажненные маленькие комочки почвы, величиною с маленькую горошину, при этом необходимо, чтобы почвенные комочки были плотно прижаты к агаровой пластинке. После этого чашки Петри заключают во влажную камеру и ставят в термостат на 25—28°. Если в комочках почвы имеют-

¹ 200 г очищенного картофеля кипятят в 1 л воды в течение 1 часа. Фильтруют, доводят фильтрат до 1 л, добавляют 2% агар-агара.

ся бактерии, производящие лизис *Fusarium*, то вокруг этих комочков мицелий гриба начинает растворяться. Со временем зона растворения гриба все более расширяется и старые пластинки, вначале густо обросшие фузариумом, могут быть в конце концов совершенно очищены от видимых глазом гиф. Начало наступления лизиса может в различных случаях колебаться от 4 дней до двух недель. В процессе лизиса бактерии передвигаются по агар-агару и все больше и больше удаляются от почвенного комочка. Тем самым они очищаются от многих банальных и случайных форм. Если из места, где мицелий гриба подвергается лизису, лучше где-нибудь подальше от почвенного комочка, захватить платиновой иглой немного слизи и перенести ее на свежий мицелий того же гриба, выращенного указанным выше образом на пластинке картофельного агара, то начнется лизис и нового мицелия. В результате лизиса на месте гиф гриба появляется бесцветная слизь, из которой, путем обычных разливок на картофельном агаре, можно без большого труда выделить маленькую беспоровую бактерию, которая и вызывает процесс лизиса.

Этот метод почвенных комочков, напоминающий по идее метод Виноградского для выделения из почвы азотобактера и отличающийся от него тем, что здесь почвенные комочки раскладываются непосредственно на мицелий гриба, позволяет в сравнительно короткое время выделить из различных почв большое количество штаммов бактерий, производящих лизис *Fusarium*.

Не только с фузариумами, но и с некоторыми другими грибами можно при помощи метода почвенных комочков удовлетворительно выделять из почвы бактерии, производящие лизис этих грибов. Повидимому, важным условием является то, чтобы гриб хорошо развивался на картофельном агаре и равномерно и быстро покрыл бы всю его поверхность.

Приводим несколько примеров выделения непосредственно из почвы бактерий, лизирующих грибы, при помощи метода „почвенных комочков“ (опыт проведен Е. А. Разничиной).

Опыт с *Colletotrichum lini*.

30/XII. На пластинки картофельного агара произведен посев чистой культуры *Colletotrichum lini*.

9/I. Мицелий покрывает почти всю поверхность пластинки. Положено 5 комочков почвы (суглинистый подзол с картофельного поля из Малаховки; взят 10/XII).

13/I. Вокруг некоторых комочков появляются первые зоны лизиса. В зоне лизиса агар становится прозрачным.

16/I. Литические зоны вокруг почвенных комочков значительно расширились. Отходящие от субстрата щетинки и конидиеносцы разрушаются. Субстратные гифы теряют резкость очертаний, как бы расплзаются. На препарате можно видеть только обрывки и остатки

нормальных гиф. Конидии теряют свое содержимое и приобретают вид „Schattenzellen“. В результате лизиса агар становится чистым от гиф и прозрачным.

Произведены пересевы для выделения чистых культур бактерий, производящих лизис.

Опыт с *Fungus sterilis*¹.

30/XII. На пластинки картофельного агара произведен посев чистой культуры *Fungus sterilis*.

9/I. Мицелий покрывает всю поверхность агаровой пластинки, но неравномерно. В одних местах он плотнее, в других—менее развит.

Положены почвенные комочки из той же почвы (t—25°. Влажная камера).

13/I. На некотором расстоянии от почвенных комочков мицелий заметно меньшей густоты. Говорить определенно о начале лизиса еще трудно.

16/I. Вокруг почвенных комочков явственные литические зоны. Гифы гриба, взятые из мест лизиса, резко отличаются от нормальных. Оболочка гиф утончается и приобретает неясные очертания. Большинство гиф лишено содержимого; они съезжены и заметно тоньше, чем нормальные гифы. Много обрывков разрушенных гиф. Произведены пересевы.

Выделение бактерий, производящих лизис грибов, с поверхности растений

Кроме метода почвенных комочков можно выделять тех же бактерий с поверхности растений. Последний метод тоже чрезвычайно прост и заключается в следующем. Бралась стебли созревшего льна, здоровые и пораженные различными грибами (на основании внешнего осмотра: *Fusarium*, *Colletotrichum* и др.) Стебли разрезались на отрезки длиной 4—5 см. Каждый отрезок стебля кладем в чашку Петри на поверхность обыкновенного картофельного агара. Чашки заключаем во влажную камеру и ставим в термостат при 25—28°.

Если лен был здоровый, то обыкновенно на пластинке картофельного агара развивается бактериальная флора. Из спорообразующих бактерий мы наблюдали *B. mycoides* и *B. megatherium*, а из бесспоровых—*Pseudomonas* и *Achromobacter*. Грибы или вовсе не развиваются или, реже, некоторые из *Micoraceae* и *Aspergillaceae*. Совсем иную картину представляют картофельно-агаровые пластинки с больными стеблями льна. Развитие микрофлоры начинается здесь не с бактерий,

¹ Название „*Fungus sterilis*“ является условным. Оно предложено В. П. Виноградовым, Завед. Сектором защиты растений Есс. ин-та льна, для грибка неизвестного систематического положения, не образующего никаких плодоношений и являющегося весьма агрессивным вредителем льна.

а с различных грибов, которые иногда быстро занимают всю поверхность пластинки.

Картина таких чашек хорошо знакома тем, кому приводилось производить фитопатологическую экспертизу на зараженность растений грибами. Но при таких экспертизах, в большинстве случаев, чашки остаются под наблюдением не слишком долго. Может быть поэтому фитопатологи часто не обращают внимания на те явления, которые наступают после того, как достаточно хорошо разовьются грибы. Между тем к этому времени приурочены чрезвычайно любопытные процессы, которые начинаются на поверхности картофельного агара, покрытого мицелиями грибов. Все эти процессы связаны с развитием бактерий.

Наблюдая день за днем мицелии грибов можно заметить, как некоторые грибы резко меняют свой внешний вид. Их гифы или сплетения гиф, видимые невооруженным глазом на картофельно-агаровой пластинке, станвятся как бы стекловидными, слизистыми и блестящими. Тонкие очертания гиф теряются и они становятся похожими на утолщенные жгуты. Рассматривая такие мицелии под малым увеличением микроскопа, легко находим разгадку этих странных превращений. Оказывается, от стебелька льна к периферии чашки быстро распространяется какая-то бактерия. Удивительная особенность этой бактерии заключается в том, что она распространяется только по гифам гриба, окружая гифы слизистым чехлом, сплошь состоящим из бактериальных клеток. Поперечник этого бактериального чехла в несколько раз больше поперечника гифы. С ростом последней бактерии ее окружающие также продвигаются вперед. Возникновение этой бактериальной слизи, совершенно точно повторяющей все очертания грибных гиф, объясняет изменение внешнего облика последних. Все эти процессы, которые представляют особый интерес для понимания многообразных взаимоотношений между бактериями и грибами, никогда, по нашим наблюдениям, не сопровождаются разрушением гриба—его растворением.

Наряду с описанными явлениями в тех же или в других чашках можно наблюдать подлинный лизис грибных тел. Растворение гриба обычно начинается недалеко от соломинки льна и в последующие дни оно распространяется по другим местам чашки. Картина лизиса и скорость его различны смотря по тому, какой имеется гриб. Если мы имеем дело с каким-нибудь *Fusarium*, то его гифы теряют сначала свой характерный вид, становятся тусклыми и припадают к агару. Скоро агар в этих местах оголяется от гиф, на месте которых остается немного бесцветной слизи. Если лизису подвергается, например, *Colletotrichum lini*, то на поверхности мицелия, покрытого слегка буроватым слоем щетинок и конидий, становится сначала заметным черное пятнышко. Оно медленно, но неуклонно расширяется, а воздуш-

ные гифы, щетинки и конидии разрушаются. В конце концов вся культура совершенно освобождается от нормальных гиф.

Если поставить за один раз чашек десять со стебельками зараженного льна, то не менее чем в двух-трех чашках можно наблюдать образование литических пятен. Пересевы из таких пятен на свежие и нормальные культуры того же гриба вызывают и у последнего такие же литические процессы. Из слизи, остающейся после лизиса, не стоит большого труда путем разливок на обыкновенный картофельный агар выделить мелкую бесспорную бактерию, которая и является виновницей литического процесса.

Такие опыты выделения бактерий, производящих лизис грибов, непосредственно с поверхности растений, удаются не только на картофельном агаре, но и на сусло-агаре, и не только в чашках Петри, но и в пробирках.

Приведем пример. 3/X в 5 пробирок с косым сусло-агаром было внесено по небольшому отрезку соломины сильно пораженного грибами льна (из совхоза „Борог“, б. Иваново-Промышленной области). Приводим запись наблюдений.

3/X. Посев.

7/X. Пробирка 1. Вся поверхность агара покрыта грибами. Сильное развитие обыкновенной плесени (*Aspergillus?*). Несколько мелких розовых колоний (типа *Fusarium*) и черных (повидимому, *Alternaria?*).

Пробирка 2. То же, что в пробирке 1. Розовые колонии отсутствуют.

Пробирка 3. Поверхность агара почти сплошь занята белым мицелием с розовым оттенком. Одно место вдоль соломины свободно от нормальных гиф и покрыто легкой слизью.

Пробирка 4. Поверхность агара покрыта белым мицелием, в нижней части чуть розовым (*Fusarium*). В двух местах у соломины характерные „литические пятна“. В нижней части агара две темные колонии (типа *Alternaria*).

Пробирка 5. Вся поверхность агара покрыта густым бело-розоватым мицелием. Небольших размеров колония актиномицета.

10/X. Пробирка 1. Без изменений.

Пробирка 2. Без изменений.

Пробирка 3. Полоска обнаженного от мицелия агара значительно расширилась. Вся верхняя часть целиком освободилась от мицелия. Он остался только в виде двух участков в нижней части пробирки.

Пробирка 4. Мицелий исчез почти со всей поверхности агара. Только в самой нижней части пробирки небольшой участок, занятый мицелием. Темноокрашенные колонии не увеличиваются.

Пробирка 5. Без изменений.

15/X. Пробирка 1. Без изменений.

Пробирка 2. Без изменений.

Пробирка 3. То же, что 10/X. Лизис.

Пробирка 4. Мицелий *Fusarium* совершенно исчез. Агар окрасился в красный цвет. Лизис.

Пробирка 5. Вся¹ поверхность агара совершенно свободна от мицелия. Агар окрашен в красный цвет. Сильный лизис!

Из пробирок 3, 4^{*} и 5 этого опыта мы легко выделили бактерий, производящих лизис расы *Fusarium*, изолированной из этих же соломин льна.

Мы намеренно остановились более подробно на методах выделения бактерий, производящих лизис грибов, ибо они являются наиболее существенными для нашей системы работы. Оба эти метода — „почвенных комочков“ и „изолирования лизирующих бактерий с поверхности растений“ — позволяют¹ нам не полагаться на случайные находки таких бактерий. Они дают возможность не только выделять по желанию те бактерии, которые мы уже знаем и изучаем, но и ряд других, которые производят лизис других, паразитных почвенных грибов. Так например, летом 1935 г. были выделены (Е. А. Разницыной) бактерии, производящие лизис *Colletotrichum lini* и *Fungus sterilis* двух грибов — опасных вредителей льна.

Такая возможность создает основу¹ для систематической разработки проблемы использования бактерий в борьбе с грибковыми болезнями культурных растений.

III. Мы не собираемся здесь описывать бактерии, которые производят лизис¹ различных грибов. Изучение особенностей и свойств этих бактерий представляет собою задачу, изумительно интересную, приоткрывающую один из таинственных уголков микробиологической жизни почвы. Эти исследования ведутся и будут опубликованы в ближайшем будущем.

В данном случае мы намерены лишь коснуться тех свойств наших бактерий, которые непосредственно связаны с возможностью их использования в борьбе с грибковыми заболеваниями растений.

Описываемые ниже опыты производились в нашей лаборатории (Я. П. Худяковым) (8) в 1934 г. и во Всесоюзном научно-исследовательском институте льна (г. Торжок) в 1935 г. (Т. Т. Попова, Я. П. Худяков, Е. А. Разница и др.)¹.

Первый опыт был поставлен с пшеницей. Цветочные горшки наполняли почвой (Московского ботанического сада) и стерилизовали в автоклаве. Стерилизация почвы была проведена потому, что почва Ботанического сада содержит бактерии, производящие лизис *Fusarium*. Почва во всех сосудах увлажнялась до 60% от полной влагоемкости. В почву первого сосуда не было внесено ни *Fusarium*, ни бактерий. Во втором сосуде почва была обильно заражена густой

¹ Здесь сообщается только об отдельных опытах работы 1935 года.

взвесью конидий *Fusarium graminearum*, штамма сильно вирулентного в отношении пшеницы. В 3-й, 4-й и 5-й сосуды было внесено столько же конидий *Fusarium*, сколько и во 2-й сосуд, но кроме того во все эти сосуды были также внесены бактерии, производящие лизис этого *Fusarium*. В почву 3-го сосуда бактерии вносились за день до заражения почвы фузариумом; в 4-й сосуд — одновременно с фузариумом и, наконец, в последний сосуд — на следующий день после внесения фузариума. На четвертые сутки после заражения всех сосудов фузариумом был произведен посев по 5 зерен пшеницы в каждый сосуд. Каждого варианта было по 2 сосуда. Семена пшеницы предварительно проращивались и для посева выбирались только одинаково проросшие. Опыт длился с 22/V по 22/VI. Параллельные сосуды каждого варианта между собой почти не отличались. Результаты этого опыта приведены в табл. 4.

Таблица 4

Опыт использования бактерий в борьбе с грибковыми заболеваниями на пшенице

№ сосу- дов	Способ заражения почвы	Здоровых рас- тений	Больных расте- ний	Примечание
1	Без фузариума Без бактерий	10	0	К 22/VI все пора- женные растения погибли
2	Заражение одним лишь фузариумом	0	10	
3	Бактерии внесены за 1 день до фузариума	9	1	
4	Бактерии внесены од- новременно с фузари- умом	5	5	
5	Бактерии внесены на 1 день после фуза- риума	0	10	

В первом сосуде с простерилизованной почвой пшеница развивалась совершенно нормально. Во втором сосуде, зараженном *Fusarium graminearum*, все растения взошли, но очень скоро захирели и завяли с явными признаками фузариоза. К 22/VI они все уже погибли и продолжать опыт не имело смысла. В третьем сосуде, зараженном бактериями за день до внесения *Fusarium*, было 9 здоровых растений и 1 больное. Чем позже вносились бактерии, тем менее эффективным оказывалось их действие.

При одновременном внесении в почву *Fusarium* и лизирующих бактерий половина растений заболела, а другая половина оказалась здоровой. Наконец, внесение бактерий после фузариума вовсе не дало положительного результата. Все растения были поражены фузариозом.

Такие опыты производились Я. П. Худяковым с различными штаммами лизирующих бактерий, и результаты их в общем совпадали¹.

Дальнейшие опыты производились со льном. Опишем здесь один из таких опытов. Была взята льноутомленная почва с поля, на котором в течение 5 лет под ряд возделывался лен. Почвою были набиты вегетационные сосуды по 5 кг почвы каждый. Опыт состоял из двух серий. В первой серии почва стерилизовалась в течение двух часов при 120°. Во второй серии сосуды наполнялись естественной нестерилизованной льноутомленной почвой. В каждой серии было 6 вариантов, по 3 параллельных сосуда, согласно следующей схеме:

- 1) контроль
- 2) заражение лизирующими бактериями,
- 3) заражение фузариумом,
- 4) заражение фузариумом и за день до него лизирующими бактериями,
- 5) одновременное заражение фузариумом и лизирующими бактериями,
- 6) заражение бактериями на следующий день после заражения фузариумом.

Таким образом, каждая серия состояла из 18 сосудов. *Fusarium*, которым заражались сосуды, был вирулентным в отношении льна. Бактерии, которые также вносились в соответствующие сосуды в виде суспензии, были проверены на способность вызывать лизис данной расы *Fusarium*. Во все сосуды был произведен посев сорта льна (№ 6353), восприимчивого по данным сектора селекции Всесоюзного института льна к фузариозу. Семена льна до посева протравливались концентрированной серной кислотой в течение 3 минут, промывались водопроводной водой и проращивались на влажной фильтровальной бумаге. В каждый сосуд высевалось по 40 семян. После прореживания всходов в сосудах со стерилизованной почвой было оставлено по 30 растений, а в сосудах с нестерилизованной почвой — по 35. Опыт длился с 15/VI по 10/X.

В этом опыте в первые стадии роста страдания и гибели растений от фузариоза не наблюдалось. Но к моменту цветения растения в отдельных сосудах стали увядать, и началось отмирание. Последний учет отмирания был произведен 10/X. Надо заметить, что все отмершие растения были подвергнуты фитопатологическому анализу, чтобы установить действительно ли причиной их гибели является *Fusarium*. Только в последнем случае они и учитывались.

¹ Любопытно что, когда стерилизованную почву заражают фузариумом, то он так сильно разрастается, что проникает даже через поры глиняного сосуда и покрывает его снаружи характерным пушком своего мицелия. Если в такую почву вводят потом лизирующие бактерии, то они не только растворяют грибок в самой почве, но процесс лизиса переходит и на мицелий, покрывающий стенки цветочного горшка.

Рассмотрим полученные результаты прежде всего по серии со стерильной почвой (табл. 5). Мы видим здесь ту же закономерность, что и в опыте с пшеницей. Первые и вторые варианты сосудов ничем существенным не отличаются. Это и понятно. Почва стерильная и поэтому внесение в нее бактерий не дает никакого эффекта. Растения во всех сосудах развиваются нормально. Совсем другая картина в третьих вариантах и во всех последующих. В сосудах, зараженных фузариумом, погибло 23.3% растений. Внесение бактерий резко снижает процент погибших растений до 0.0—4.4%. В отличие от ранее описанного опыта с пшеницей наилучшие результаты были получены с более поздним внесением бактерий. Впрочем, различия тут очень невелики и могут быть случайными.

Таблица 5

Опыт использования бактерий в борьбе с грибковыми заболеваниями на льне. 1-я серия

Вариант опыта	Общее колич. растен. в 3 сосудах	Из них: погибших в сосудах №			Всего погибших растений	Проц. погибших растений
		I	II	III		
1. Контроль	90	2 ¹	0	0	2	2.2
2. Бактерии	90	3 ²	0	0	0	0.0
3. Фузариум	90	5	3	13	21	23.3
4. Бактерии за 1 день до фузариума	90	0	1	3	4	4.4
5. Бактерии одновр. с фузариумом	90	0	0	1	1	1.1
6. Бактерии на день после фузариума	90	0	0	0	0	0.0

¹ Растения погибли от фузариоза.

² Растения погибли не от фузариоза.

Еще больший интерес представляет вторая серия этого опыта с нестерилизованной льноутомленной почвой. Полученные результаты сведены в табл. 6. Так как этот опыт проведен с нестерильной почвой, он более всего приближается к естественным полевым условиям. Сравнение данных этого опыта необходимо производить между вариантами 1 и 2, 3 и 4, 5 и 6. Рассмотрим сначала варианты 1 и 2. Введение в нестерилизованную льноутомленную почву лизирующих бактерий уменьшает процент погибших от фузариоза растений с 26.6 до 6.0, т. е. на 20%. В вариантах 3 и 4, которые в отличие от первых двух были еще искусственно заражены фузариумом, мы видим повто-

рение тех же соотношений. Благодаря лизирующим бактериям процент погибшего льна уменьшился с 28.5 до 9.5, т. е. на 19%. Наконец, более раннее введение бактерий в варианте 4 дает лучшие результаты, чем одновременное их введение с фузариумом или внесение на день после фузариума.

Таблица 6

2-я серия

Вариант опыта	Общее колич. раст. в 3 сосудах	Из них погибших в сосудах №			Всего погибло растений	Проц. погиб- ших растений
		I	II	III		
1. Контроль	105	10	8	10	28	26.6
2. Бактерии	100	1	3	2	6	6.0
3. Фузариум	105	9	12	9	30	28.5
4. Бактерии за 1 день до фузариума	63 ¹	1	2	3	6	9.5
5. Бактерии одновременно с фузариумом	105	6	6	7	19	18.0
6. Бактерии на день после фузариума	105	6	3	6	15	14.2

¹ В одном из сосудов этого варианта вследствие какого то упущения возшло очень мало растений. Так как имелись еще варианты 5 и 6, опыт был оставлен в таком виде.

Из этого опыта можно сделать важный вывод. Благоприятное действие внесения в почву бактерий, производящих лизис фузариума, имеет место не только в стерилизованной почве, но и в нестерилизованной льноутомленной. Такое приближение условий опыта к естественным открывает интересные перспективы.

Использование бактерий для предохранения культурных растений от фузариоза, дающее столь бесспорный эффект в вегетационных сосудах, должно, по нашему мнению, оправдать себя и в полевых условиях. Нет ни одного факта, который говорил бы против этого. Наоборот, все экспериментальные данные свидетельствуют о том, что на этом новом пути можно ожидать определенных успехов.

Мы отдаем себе отчет, что на пути завершения таких исследований до практического их приложения необходимо еще преодолеть не мало затруднений. Опыты в вегетационных сосудах — это дело одно. Полевые опыты — сложнее. При проведении последних мы встречаемся с рядом неучитываемых в лабораторной обстановке факторов. Кроме того, при переходе к полевым опытам выясняется, что мы еще

не знаем ряда обстоятельств. Мы не знаем, например, сколько бактерий требуется вносить, каким образом вносить их и в какие сроки. Все это говорит о том, что требуется еще много и много работать.

Микробиологический институт.
Академия Наук СССР.
Москва.

ЛИТЕРАТУРА

1. Porter. *Journal of Botany*, 11, 1924, 168.
2. Bamberg. *Phytopathology*, 20, 1930, 140.
3. Weindling. *Phytopathology*, 22, 1934, 837, 1140, 1141, 1142, 1153.
4. Weindling a. Fawcett. *Phytopathology*, 24, 1934, 1142.
5. Allen a. Haenseler. *Phytopathology*, 25, 1935, 214.
6. Greaney a. Machaček. *Scientif. Agriculture*, 15, 1935, 377.
7. Kiesling. Kühn, *Archiv*, 38, 1933, 189.
8. Худяков. „Микробиология“, т. IV, в. 2, 1935, 193.

D. NOVOGRUDSKIJ. THE USE OF MIKROBES IN THE FIGHT AGAINST FUNGUS DISEASES OF CULTIVATED PLANTS

SUMMARY

1. Parasitic fungi, the causative agents of various diseases of cultivated plants, are widely distributed in soils. Two biological factors determine the aggressiveness and the distribution of parasitic soil fungi: 1) the resistance and immunity of plants to infection and 2) the antagonism between soil microbes and parasitic fungi. The latter factor has so far received but very slight attention.

2. Among the numerous and varied forms of antagonism existing between soil fungi and other microbes, particular attention should be paid to that group of soil bacteria which produce the lysis of certain soil fungi. This group of bacteria is widely distributed in nature. Different species and races of these bacteria destroy and dissolve mycelia and spores of different fungi.

3. The bacteria causing the lysis of fungi are of wide occurrence in the soil and on the surface of plants. This article describes a method of detecting and isolating these bacteria.

4. The method of „soil particles” is used for isolating these bacteria. It consists in the following. The fungus for whose lysogenic bacteria the given soil is to be examined, is grown on a plate of potato agar. When the fungus has spread over the whole surface of the agar plate, moist particles of the soil under investigation are transferred to its mycelium. The dishes are then placed into a moist chamber at 25° C. If the soil contains the bacteria producing the lysis of the given fungus, the mycelium begins to dissolve around the soil particles, and the entire surface of the plate will ultimately become free of the hyphae of the fungus.

By making inoculations from the lytic spots, pure bacterial cultures are obtained capable of producing the same effect as the "soil particles".

5. The isolation of such lysogenic bacteria from the surface of plant (*e.g.* from flax) is carried out as follows. Several small sections of the stem are transferred to a plate of potato agar. The Petri dishes are then placed in a moist chamber at 25° C. During the first days fungi and usual bacteria develop. If lysogenic fungi are present on the stems, their activity manifests itself during the following days by the lysis of the corresponding fungi. Inoculations are made from the lytic spots, and the corresponding bacteria are isolated.

6. The above-described methods make it possible to isolate these lysogenic bacteria from different soils. At the present time a detailed study is being made of different strains of bacteria producing the lysis of various races of *Fusarium*, *Colletotrichum* and other phytopathogenic fungi.

7. The bacteria studied are not only endowed with the power of destroying fungi on artificial media, as on potato agar, but also show considerable activity on being introduced into the soil.

Experiments were carried out with strains of bacteria destroying *Fusarium graminearum* and *Fus. lini* in pots with wheat and flax infected with the above-named fungi. In the experiments with wheat, the inoculation of the sterilized soil with *Fus. graminearum* led to the inevitable death of the plants. The additional inoculation of the soil with bacteria protected the wheat from fusariosis. In the experiments with flax, in unsterilized soil exhausted by flax inoculation with bacteria markedly lowered the percentage of diseased plants.

Правила для авторов

1. В „Известиях ОМЭН“ помещаются статьи научных работников советских и иностранных на русском или иностранном языке, нигде не напечатанные ни в целом ни в частях. Статьи должны являться цельными, законченными результатами научных исследований и должны быть представляемы во вполне обработанном виде (не в виде стенограмм).

2. В связи с последовавшей коренной перестройкой работы редакций всех периодических изданий, рукописи должны быть сдаваемы в печать окончательно отредактированными. С момента сдачи рукописи в редакцию не допускается никакой авторской правки ни в гранках ни в сверстанных листах.

3. При статье на русском языке должно быть приложено пространное резюме на одном из иностранных языков (французском, английском или немецком); при статье на одном из указанных иностранных языков должно быть резюме на русском языке. Резюме должно занимать 1—2 страницы печатного текста журнала (3 000—6 000 япеч. знаков).

4. Вместе с пространным резюме должно быть приложено автором составленное им краткое содержание статьи размером от 3 до 20 печатных строк, помещаемое в начале статьи для ознакомления с ее темой.

5. Статья направляется автором непосредственно или через действительных членов Академии наук СССР в редакцию „Известий ОМЭН“ для дальнейшего направления в Биологическую группу ОМЭН.

6. Объем статьи не должен превышать двух листов (по 10 000 печ. знаков). Статьи большего объема могут быть помещаемы лишь в исключительном порядке, по постановлению Президиума Биологической группы ОМЭН.

7. Цитируемая литература должна быть автором указываема не в подстрочных примечаниях, а в конце статьи общим списком с обозначением в тексте статьи порядковой цифрой ссылки на цитируемую работу.

8. В конце статьи автором должны быть обозначены на русском и иностранном языках название и местонахождение научного учреждения, в котором произведена работа. На каждой рукописи должен быть указан адрес автора.

9. Статья должна быть доставляема четко переписанной на пишущей машине (первый экземпляр, не копия) на одной стороне листа (с пустым оборотом), через два интервала (переката); Формулы и иллюстрации (чертежи и фотографии) должны быть исполнены отчетливо для воспроизведения в клише.

10. Весь цифровой и формульный материал должен быть тщательно сверен автором и может быть написан от руки чернилами.

11. Иллюстративный материал (рисунки, чертежи, диаграммы, карты, фотографии) должен быть приложен к статье отдельно, не приклеенным к оригиналу.

Оглавление

Sommaire

	Стр.		Pag.
Акад. В. Л. Комаров. Реконструкция работы группы биологических наук по новому уставу Академии Наук СССР	3	*D. Kostoff. Studies on Polyploid Plants	5
Д. Костов. Исследование полиплоидных растений	21	*A. Zajceva. On the Influence of Soil-drought on Photo-synthesis	34
А. А. Зайцева. О влиянии почвенной засухи на фотосинтез	23	*N. Petinov. Weizen-irrigation im Transwolgagebiet	77
Н. С. Петинев. Орошение пшениц Заволжья	37	*V. Altergott. On the Causes of the Death of Plants at High Temperatures	87
В. Ф. Альтергот. О причинах гибели растений при высоких температурах	79	*P. Ivanov. On the Diagnostics of Frost- and Heatresistance of Plants by their Seeds	109
П. К. Иванов. О диагностике морозо- и засухоустойчивости растений по семенам	89	*V. Babenyšev, V. Baženov, L. Sergejev. Die Ursachen der Streufähigkeit des Weizens und der Methoden ihrer Diagnostik	129
В. М. Бабенышев, В. В. Баженов и Л. И. Сергеев. Причины осыпae-мости пшениц и методы ее диагностики	111	*A. Isakova a. T. Čkonja. The Influence of Cl and SO ₄ Anions on the Growth, Physiological Functions and Quality of the White Ramie Fibres	141
А. Исакова и Т. Чкония. Влияние анионов Cl и SO ₄ на развитие, физиологические функции и качество волокна белого рами	131	*V. Tskhoidze. A Rapid Method for Determining Germination Rate of Tung Seeds	150
В. Цхоидзе. Ускоренный метод определения всхожести семян тунго.	143	*V. Tskhoidze. Hastening the Sprouting of the Seeds of the Palm Tree and the Tallow Tree	156
В. Цхоидзе. Об ускорении прорастания семян пальмы и сального дерева	151	*M. Tushniakowa und M. Wassilevskij. Versuche der Bestrahlung von Samen und Knollen der Pflanzen mit Röntgenstrahlen	168
М. М. Тушнякова и М. А. Василевский. Опыты по облучению семян и клубней растений лучами рентгена	157	L. Micnailova. On the Problem of the Yarovization of Cabbage	160
Л. Б. Михайлова. К вопросу о яровизации капусты	171	N. Krassilnikov. Die Herdartige Verbreitung von Mikroorganismen im Boden	213
Н. А. Красильников. Очаговое распространение микроорганизмов в почве	193	*A. Achromeiko. On the Discharge of Mineral Substances by the Roots of Plants	251
А. И. Ахромейко. Выделение корнями растений минеральных веществ	215	*A. Obraszova. Rhizosphere Microorganisms of the Batum red Soils (kraznozema)	275
А. А. Образцова. Микроорганизмы ризосферы в батумских красноземах	255	*D. Novogradskij. The use of Mikrobes in the fight against fungus disease of cultivated plants	293
Д. Новогрудский. Использование микробов в борьбе с грибковыми заболеваниями культурных растений	277		

Заглавие, отмеченное звездочкой, является переводом заглавия оригинала.
Le titre marque d'un asterique est une traduction du titre original.

Техредактор Е. Шнобель

Сдано в набор 26/II 1936 г. Подписано к печати 8/V 1936 г. Формат 72×110 см.
18 1/2 печ. л. 45 760 зн. в печ. л. Уполн. Главлита В-39377 АНИ № 219.
Тираж 3 300 экз. Заказ № 2141.

17 ф-ка нац. книги ОГИЗ'а РСФСР треста «Полиграфкнига»
Москва, Шлюзовая наб., д. № 10.

